



LAPORAN AKHIR THESIS - TK 142541

**PEMISAHAN BITUMEN DARI ASBUTON
MENGUNAKAN *HOT WATER PROCESS*
DENGAN PENAMBAHAN SOLAR, SODIUM
DODECYLBENZENE SULFONAT, GARAM ALKALI
DAN NaOH**

Yosita Dyah Anindita
NRP. 02211650010024

Pembimbing

Dr. Ir. Susianto, DEA
NIP. 1962 08 20 1989 03 1004

Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc
NIP. 1951 08 04 1974 12 1001

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI PROSES
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LABORATORIUM PERPINDAHAN MASSA DAN PANAS
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



THESIS - TK 142541

BITUMEN SEPARATION FROM ASBUTON USING HOT WATER PROCESS WITH ADDITION OF SOLAR, SODIUM DODECYLBENZENE SULPHONATE, ALKALI AND NaOH

Yosita Dyah Anindita
NRP. 02211650010024

Supervisor

Dr. Ir. Susianto, DEA
NIP. 1962 08 20 1989 03 1004

Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc
NIP. 1951 08 04 1974 12 1001

**MAGISTER PROGRAM
PROCESS OF TECHNOLOGI
CHEMICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
HEAT AND MASS LABORATORY
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TESIS - TK 142541

**PEMISAHAN BITUMEN DARI ASBUTON
MENGUNAKAN *HOT WATER PROCESS* DENGAN
PENAMBAHAN SOLAR, SODIUM DODECYLBENZENE
SULFONAT, GARAM ALKALI DAN NaOH**

Yosita Dyah Anindita
NRP 02211650010024

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Susianto, DEA
Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI PROSES
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

PEMISAHAN BITUMEN DARI ASBUTON MENGGUNAKAN *HOT WATER PROCESS* DENGAN PENAMBAHAN SOLAR, SODIUM DODECYLBENZENE SULFONAT, GARAM ALKALI DAN NaOH

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:



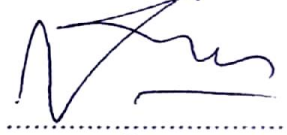


Yosita Dyah Anindita

NRP. 02211650010024

Tanggal Ujian : 11 Juli 2018

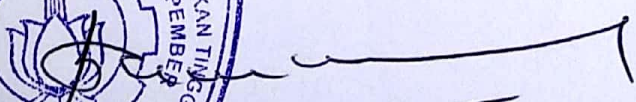
Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh :

- | | | |
|---|----------------|---|
| 1. Dr. Ir. Susianto, DEA
NIP. 19620820 198903 1 004 | (Pembimbing 1) |  |
| 2. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc
NIP. 19510804 197412 1 001 | (Pembimbing 2) |  |
| 3. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
NIP. 19500428 197903 1 002 | (Penguji 1) |  |
| 4. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi., M.Eng
NIP. 19520916 198003 1 002 | (Penguji 2) |  |
| 5. Fadlilatul Taufany, S.T., Ph D
NIP. 19810713 200501 1 001 | (Penguji 3) |  |



Dekan Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya


Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST., MT

NIP. 19690507 199512 1 001

ABSTRAK

Asbuton dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pengganti aspal minyak dengan memisahkan bitumen dari mineralnya. Penelitian proses pemisahan bitumen dari asbuton menggunakan *hot water process* telah dilakukan, tetapi bitumen yang terambil kurang maksimal. Modifikasi sifat permukaan bitumen dilakukan untuk meningkatkan *recovery* dengan penambahan surfaktan *Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate* (SDS) dan *Sealing agent* (Sodium Hidroksida, Sodium Tripolipospate, Sodium Silika, Sodium Karbonat) yang berfungsi sebagai *wetting agent* untuk menurunkan tegangan permukaan antara bitumen dengan mineral. Fokus dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh penambahan *wetting agent* terhadap jumlah larutan total, konsentrasi surfaktan dan pengaruh temperatur terhadap *recovery* bitumen.

Proses pemisahan bitumen dari asbuton dalam metode ini dilakukan melalui dua proses utama, yakni proses *mixing* dan *digesting*. Kedua proses ini dilakukan pada sebuah tangki berpengaduk *disc turbine* dan empat buah *baffle*. Proses *mixing preheating* dilakukan dengan cara mengaduk asbuton dengan solar yang jumlahnya 60% terhadap massa campuran solar-asbuton pada 750 rpm dengan suhu 60, 70, 80, dan 90°C selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan proses *digesting* dengan mengaduk campuran solar-asbuton dengan *wetting agent*, yang berupa larutan surfaktan *SDS-Sealing agent* (Rwa) sebesar 25% terhadap massa campuran asbuton-solar-larutan *wetting agent* pada 1500 rpm dengan suhu 60, 70, 80, dan 90°C selama 30 menit. Konsentrasi larutan surfaktan *SDS* yang akan digunakan sebesar 0,125%, 0,25% , 0,375% dan 0,5% (% massa) dan *Sealing agent* sebesar 0,125%, 0,25% , 0,375% dan 0,5% (% massa).

Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa Natrium Karbonat dan Natrium Silikat memiliki hasil *recovery* lebih baik dari Natrium Hidroksida dan Natrium Tripolipospate. Dengan hasil *recovery* terbaik untuk Natrium Hidroksida *recovery* terbaik yaitu 72,3% pada temperature 90°C dengan konsentrasi SDS sebesar 0,125% dan konsentrasi NaOH sebesar 0,5%, Natrium Tripolipospate *recovery* terbaik pada 74,51% pada temperature 80°C dengan konsentrasi SDS sebesar 0,125% dan konsentrasi natrium tripolipospate sebesar 0,5%, Natrium Karbonat sebesar 91,92%

pada temperature 90°C dengan konsentrasi SDS 0,375% dan konsentrasi Na_2CO_3 sebesar 1%, Sedangkan untuk Natrium Silikat memiliki hasil recovery sebesar 90,88% pada temperature 90°C dengan konsentrasi SDS 0,375% dan konsentrasi Natrium Silikat sebesar 0,5%.

Kata kunci : *asbuton, air panas, proses pemasakan, solar, Surfaktan SDS*

ABSTRACT

Asbuton can be utilized as alternative for petroleum asphalt with separating bitumen from Asbuton's minerals. Bitumen separation process from asbuton in hot water media research had been done before, but bitumen taken was not quite maximum. Modification of the interfacial surface properties needed to increase recovery of bitumen by adding surfactant Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (SDS) and sealing agents (Sodium Hydroxide, Sodium Tripolyphosphate, Sodium Carbonate, Sodium Silicate) as wetting agent. Focus of this research was to study the effect of the wetting agent (mixed of anionic surfactant and sealing agent solution) (R_{wa}) addition, anionic surfactant concentration, and the effect temperature towards percent recovery of bitumen.

Bitumen separation process from asbuton had carried out through two main process, premixing and digestion process. Both of these processes used cylindrical stirred tank reactor with disc turbine stirrer, and four baffles. First digestion process was mixed asbuton with diesel oil addition ratio 60% towards mass of diesel oil-asbuton mixture at 750 rpm in 60,70,80,90 °C for 30 minutes. Then second digestion was mixed diesel oil-asbuton mixture with wetting agent solution that contains surfactant Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate (SDS) and sealing agent as variable about 25% towards mass of diesel oil-asbuton-wetting agent solution mixture at 1500 rpm in 60,70,80,90°C for 30 minutes. In this research, the concentration of anionic surfactant used were 0.125% , 0.25%, 0.375% and 0.5% (% mass), and sealing concentration used were 0.125% , 0.25%, 0.375% and 0.5%.

The result for this research, Sodium Carbonate and Sodium Silicate has greater performance than Sodium Hydroxide and Sodium Tripolyphosphate. The highest recovery of Separation using Sodium Hidrokside was 72.3% at 90°C, 0.125% surfactant, and 0,5% NaOH , Sodium Tripolyphosphate was 74,51% at 80°C, 0.125% surfactant, and 0,5% $Na_5P_3O_{10}$, Sodium Carbonate was 91,92% at 90°C, 0.375% surfactant, 1% Na_2CO_3 , and Sodium Silicate was 90.88% at 90°C, 0.125% surfactant, and 0.5% Na_2SiO_3 . The greatest performance of sealing agent for this research was Sodium Carbonate.

Keywords : *asbuton, hot water, digestion process, solar, surfactant SDS*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah, rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Laporan Akhir Thesis yang berjudul, “ *Pemisahan Bitumen dari Asbuton Menggunakan Hot Water Process dengan Penambahan Solar, Sodium Dodecylbenzene Sulfonat, Garam Alkali dan NaOH*”. Tugas ini merupakan salah satu prasyarat meraih gelar master di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (FTI-ITS). Selama penyusunan Proposal Tesis ini, saya banyak mendapat bimbingan, bantuan dan dorongan dari berbagai bayak pihak. Untuk itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Juwari, ST, M.Eng selaku Kepala Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Dr. Tantular Nurtono, ST, M.Eng selaku Koordinator Prodi Pascasarjana Teknik Kimia.
3. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc, selaku Kepala Laboratorium Proses Perpindahan Panas dan Massa yang telah memberikan waktu, tenaga dan ilmu dalam penyelesaian proposal tesis ini.
4. Dr. Ir. Susianto, DEA dan Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc selaku Dosen Pembimbing saya atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
5. Bapak Fadlilatul Taufany, ST, MT, PhD, Ibu Yeni Rahmawati, ST., MT., dan Ibu Siti Nur Khamidah, ST., MS, PhD selaku dosen Laboratorium Proses Perpindahan Panas dan Massa.
6. Bapak Drs. Sutiyo, MM dan Dra. Dwi Susilowati selaku orang tua atas dukungan dan doa yang telah diberikan.
7. Nidia Intan Listyana, Nurullafina Sa’adah, Ibu Zakiyah Irfin, Sukron Nursalim, Rofi Arga, Bayu Tri Arsando, M. Faisal Arif, Aditya Sony, Afri Dwijatmiko, Ika Y. Rachmawati, Novira, Novita, Lilia selaku tim tugas akhir aspal atas waktu, dukungan, dan bantuan yang diberikan.
8. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar serta serta seluruh karyawan jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

9. Teman-teman K-52 atas dukungan yang diberikan.

10. Serta teman-teman di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa.

Saya menyadari bahwa penulisan laporan ini masih banyak kekurangan oleh karena itu saya sangat mengharapkan saran dan masukan yang konstruktif untuk kesempurnaan laporan ini.

Surabaya, 28 Juni 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Lingkup Penelitian.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Bahan Baku.....	9
2.2 Metode Pemisahan Bitumen.....	15
2.3 Penelitian–penelitian Pemisahan Bitumen yang Sudah Dilakukan	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Garis Besar Penelitian	31
3.2 Langkah - Langkah Pelaksanaan Eksperimen	32
3.3 Bahan yang Digunakan.....	36
3.4 Alat yang Digunakan	36
3.5 Variabel Penelitian.....	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Pengaruh Temperatur pada Recovery Bitumen	41
4.2 Pengaruh Surfaktan pada Recovery Bitumen	44
4.3 Pengaruh Penambahan <i>Sealing agent</i> terhadap Recovery Bitumen	49
BAB 5 KESIMPULAN	
DAFTAR PUSTAKA.....	x

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Cadangan Aspal Batu Buton	10
Tabel 2.2 Komposisi Mineral Asbuton Kabungko dan Lawele	11
Tabel 2.3 Sifat Fisik Aspal Asbuton dari Kabungka dan Lawele	12
Tabel 2.4 Komposisi Bitumen Berdasarkan Unsurnya	14
Tabel 2.5 Sifat – Sifat Senyawa Penyusun Bitumen Aspal Alam.....	15
Tabel 2.6 Komponen Kimia Aspal Kabungka dan Lawele.....	15
Tabel 2.7 Klasifikasi Bitumen Berdasarkan Viskositas	19
Tabel 2.8 Karakteristik Solar	20
Tabel 2.9 Karakteristik Surfaktan <i>Sodium Dodecyl Benze Sulfonat</i> (LABS)	24
Tabel 2.10 Penelitian – Penelitian Bitumen yang Sudah Dilakukan	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Sebaran Endapan Aspal di Pulau Buton	10
Gambar 2.2 Struktur Keempat Senyawa Penyusun Bitumen.....	14
Gambar 2.3 Struktur <i>Athabasca</i> dengan Lapisan Air	17
Gambar 2.4 Fase Pelepasan Bitumen.....	17
Gambar 2.5 Penambahan diluent oil sands	21
Gambar 2.6 Gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik pada surfaktan.....	22
Gambar 2.7 Terbentuknya <i>micelle</i>	23
Gambar 2.8 Struktur Surfaktan Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate	24
Gambar 3.1 Langkah-langkah Penelitian	31
Gambar 3.2 Flowchart Proses Digesting dan Analisa Data	32
Gambar 3.3 Rangkaian Peralatan	33
Gambar 4.1 Pengaruh temperatur terhadap viskositas bitumen.....	41
Gambar 4.2 Pengaruh temperatur terhadap % <i>Recovery</i> bitumen pada konsentrasi surfaktan SDS 0.375% pada berbagai macam variasi konsentrasi Na_2SiO_3	42
Gambar 4.3 Pengaruh temperatur terhadap % <i>Recovery</i> bitumen pada konsentrasi surfaktan SDS 0.375% pada berbagai macam variasi konsentrasi Na_2CO_3	42
Gambar 4.4 Pengaruh temperatur terhadap % <i>Recovery</i> bitumen pada konsentrasi surfaktan SDS 0.125% pada berbagai macam variasi konsentrasi NaOH	43
Gambar 4.5 Pengaruh temperatur terhadap % <i>Recovery</i> bitumen pada konsentrasi surfaktan SDS 0.125% pada berbagai macam variasi konsentrasi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	43
Gambar 4.6 Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap % recovery bitumen pada Temperatur Operasi 90°C dan berbagai konsentrasi NaOH	45

Gambar 4.7 Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap % recovery bitumen pada Temperatur Operasi 90°C dan berbagai konsentrasi Na_2SiO_3	46
Gambar 4.8 Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap % recovery bitumen pada Temperatur Operasi 90°C dan berbagai konsentrasi Na_2CO_3	46
Gambar 4.9 Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap % recovery bitumen pada Temperatur Operasi 90°C dan berbagai konsentrasi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	47
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh konsentrasi surfaktan SDS terhadap recovery bitumen tanpa penambahan sealing agent pada suhu 90°C	48
Gambar 4.11 <i>Interfacial tension</i> Surfaktan Sodium Dodecylbenzene Sulfonate.....	49
Gambar 4.11 Ilustrasi peran solar, surfaktan dan sealing agent	50
Gambar 4.12 Pengaruh penambahan konsentrasi Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap recovery bitumen pada temperatur 90 °C dengan berbagai nilai konsentrasi surfaktan SDS.	51
Gambar 4.13 Pengaruh penambahan konsentrasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) terhadap recovery bitumen pada temperatur 90 °C dengan berbagai nilai konsentrasi surfaktan SDS	52
Gambar 4.14 Pengaruh penambahan konsentrasi Natrium Karbonat (Na_2CO_3) terhadap recovery bitumen pada temperatur 90 °C dengan berbagai nilai konsentrasi surfaktan SDS	53
Gambar 4.15 Pengaruh penambahan konsentrasi Natrium Tripolipospate (Na_2CO_3) terhadap recovery bitumen pada temperatur 90 °C dengan berbagai nilai konsentrasi surfaktan SDS	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bitumen atau lebih dikenal dengan sebutan aspal, merupakan campuran senyawa hidrokarbon yang terdiri atas senyawa *Saturates*, *Asphaltenes*, Resin, dan *Aromatic* (SARA). Aspal berdasarkan sumbernya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu aspal minyak yang diperoleh dari proses penyulingan minyak bumi, dan aspal alam yang diperoleh dari deposit batuan seperti Aspal Buton (Asbuton) dan *tar sand*. Aspal pada umumnya digunakan pada proses pengerasan jalan yang merupakan campuran antara agregat, filler dan bitumen sebagai perekat agregat. Bitumen sebagai perekat agregat memiliki viskositas yang tinggi pada temperature ruang sehingga dapat menghasilkan suatu campuran yang memiliki ketahanan terhadap beban jalan yang baik (Hansen,2013).

Perkembangan penggunaan aspal di Indonesia pada tahun 2016 menurut data Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat kebutuhan aspal nasional mencapai 1,640 juta ton dan diperkirakan akan terus bertambah sesuai perkembangan panjang jaringan jalan; nasional, provinsi, kabupaten dan kota, disisi lain produksi aspal dalam negeri yang dihasilkan Pertamina dan mitranya hanya sekitar 753.000 ton baru mencukupi sekitar 46% dari kebutuhan nasional, kekurangannya 54% atau sekitar 887.000 ton diimpor dari negara lain.(Hadi, 2018)

Aspal minyak hanya dapat diperoleh dari jenis-jenis *crude* tertentu terutama yang berasal dari Timur Tengah, karena aspal minyak diproduksi dari *crude* yang memiliki kandungan *asphaltenes* tinggi. Dengan semakin menurunnya kapasitas produksi minyak dunia maka ketersediaan aspal minyak menjadi semakin berkurang. Oleh karena itu, harus ada usaha alternatif lain untuk menutup defisit kebutuhan aspal nasional. Salah satu potensi sumber aspal yang berasal dari aspal alam adalah Asbuton. Hal ini didasarkan Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber aspal alam terbesar di dunia, yakni di Pulau Buton,

Provinsi Sulawesi Tenggara. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2006), total cadangan asbuton mencapai 677.247.000 ton dengan kadar rata-rata bitumen 25% maka setara dengan 170.000.000 ton aspal yang diproyeksi mampu memenuhi kebutuhan aspal nasional selama sekitar 140 tahun. Lokasi deposit Asbuton tersebar seluas 70.000 ha dari Teluk Sampolawa hingga Teluk Lawele sepanjang 75 km dengan lebar 12 km ditambah wilayah Enreke yang termasuk wilayah Kabupaten Muna, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan kadar aspal yang terkandung dalam Asbuton bervariasi, antara 20 – 30%. Ini merupakan kadar aspal yang cukup besar dibandingkan dengan kadar aspal alam negara-negara lain seperti Amerika (12 – 15%) dan Prancis (6 – 10%).

Penggunaan asbuton dinilai dapat meningkatkan daya tahan infrastruktur jalan di Indonesia, dilihat dari stabilitas pengerasan lebih tinggi jika dibandingkan aspal minyak, sehingga lebih tahan terhadap keretakan akibat cuaca maupun lingkungan, hal tersebut dikarenakan nilai modulus resilien (M_R) aspal dari asbuton 3750 MPa sedangkan aspal minyak 2500 MPa (Pedoman Konstruksi dan Bangunan, 2006). Nilai modulus resilien menunjukkan tingkat kekakuan campuran, semakin tinggi nilai modulus resilien aspal maka semakin baik kualitas aspal dalam aplikasinya pada jalan. Pengujian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan Departemen Pekerjaan Umum dalam Sertifikasi Uji Kelayakan Teknis dari Pusat Penelitian Jalan Departemen Pekerjaan Umum No. 06.1.02.485701.33.11.002 dimana penggunaan aspal dari asbuton dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan sangat layak dan dapat segera dilaksanakan. Oleh karena itu pemerintah mengeluarkan Permen No. 35 Tahun 2006 Tentang pemanfaatan asbuton (Yuniarti,2012)

Pemanfaatan asbuton saat ini belum maksimal. Perkembangan pemanfaatan Asbuton mengalami pasang surut seiring dengan kebutuhan akan bahan aspal dan perkembangan teknologi. Asbuton pernah diproduksi mencapai 500.000 ton/tahun antara tahun 1970 hingga 1980. Setelah itu produksi Asbuton mengalami penurunan. Pada tahun 1990an, kualitas Asbuton yang dihasilkan tidak optimal karena belum ditemukannya teknologi tepat untuk pengolahannya sehingga mengakibatkan ketidaksempurnaan pada hasil konstruksi jalan yang menggunakan asbuton sebagai bahan bakunya (Litbang Pekerjaan Umum ,2012).

Selama ini asbuton hanya dimanfaatkan sebagai bahan campuran aspal beton, dalam bentuk asbuton halus, mikro asbuton, asbuton butir, dan asbuton yang diekstrak sebagian. Untuk pemanfaatan bitumen dari asbuton sendiri masih belum banyak dilakukan dalam skala industri karena masih minimnya pengembangan teknologi pemisahan bitumen dari asbuton. (Affandi, 2008)

Penelitian tentang proses pemisahan bitumen dari Asbuton secara intensif sudah dilakukan sejak tahun 1997. Proses pemisahan bitumen dari Asbuton secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua metode, yaitu metode ekstraksi dengan menggunakan pelarut organik dan metode pemisahan dengan menggunakan media air panas. Metode ekstraksi dengan menggunakan pelarut organik atau hidrokarbon dan turunannya yang bersifat nonpolar. Penelitian dengan menggunakan metode ekstraksi dimulai oleh Aris (1997) dengan menggunakan pelarut karbon tetraklorida (CCl_4). Kemudian dilanjutkan dengan Gardiner (2000) yang menggunakan pelarut TCE (*trichloroethylene*) dan n-propil bromida. Purwono (2003) menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut n-heksana. Tommy dan Nurcholis (2012) telah melakukan studi proses pemisahan bitumen dari Asbuton menggunakan pelarut Pertasol, tetapi Pertasol memiliki sifat volatilitas yang tinggi sehingga menyebabkan kehilangan pelarut yang sangat besar.

Laboratorium perpindahan panas dan massa telah melakukan penelitian tentang ekstraksi Asbuton yang dimulai oleh Tommy dan Nurcholis (2012) yang melakukan studi proses pemisahan bitumen dari Asbuton menggunakan pelarut Pertasol, tetapi Pertasol memiliki sifat volatilitas yang tinggi sehingga menyebabkan kehilangan pelarut yang sangat besar. Pada tahun 2013, Shidiq melakukan penelitian dengan menggunakan pelarut kerosin dengan hasil *recovery* tertinggi sebesar 80,79%. Kemudian Zindy (2013) menggunakan pelarut solar dengan *recovery* tertinggi sebesar 80,5%. Sarwono(2013) telah melakukan penelitian ekstraksi asbuton dengan metode asbuton emulsi menggunakan *emulgator texapon* ditinjau dari konsentrasi kerosin dan waktu pengadukan fase padat dengan hasil bahwa semakin lama waktu pengadukan fase padat maka persentase bitumen akan semakin meningkat.

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian di atas, diperoleh hasil bahwa dibutuhkan pelarut organik dalam jumlah besar untuk mendapatkan bitumen dari asbuton. Hal ini karena pelarut yang digunakan volatile (*losses*) dan merupakan pelarut multikomponen (kerosin, solar) sehingga untuk memisahkan solvent dari bitumen dan mineralnya membutuhkan energi yang besar dan kurang ekonomis. Oleh karena itu, pemisahan bitumen dari asbuton menggunakan metode ekstraksi menggunakan pelarut organik kurang berhasil diterapkan dalam skala industri karena diperkirakan menelan biaya operasi yang cenderung tinggi.

Proses yang kedua yaitu metode pemisahan dengan menggunakan media air panas yang pertama kali dilakukan oleh Clark pada tahun 1920 untuk memisahkan bitumen pada *Athabasca oil sand*. Metode pemisahan dengan menggunakan media air panas merupakan pemisahan bitumen yang memanfaatkan air panas pada suhu sekitar 90°C dan NaOH sebagai pengaktif surfaktan alami untuk memisahkan bitumen dari *Athabasca oil sand*. Metode ini cukup efektif untuk memisahkan bitumen dari *oil sand* (*Fuel Chemistry Division*, 2014). Proses ini pada dasarnya bisa diaplikasikan untuk memisahkan bitumen dari asbuton, walaupun jenis pengotor yang terkandung dalam oil sand dan asbuton berbeda. Pengotor pada oil sand berupa silika (SiO_2) (Akinyemi, 2013), sedangkan Asbuton komponen utama mineralnya adalah CaCO_3 dengan komposisi diatas 80% (Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

Proses hot water pada prinsipnya dapat digunakan untuk memisahkan bitumen dari asbuton karena air panas mampu menurunkan viskositas bitumen pada asbuton. Namun yang perlu diperhatikan proses air panas ini tidak dapat diaplikasikan langsung, karena CaCO_3 memiliki angka kelarutan yang lebih tinggi dibanding SiO_2 di dalam air sehingga perlu dilakukan modifikasi pada proses air panas. Beberapa modifikasi proses air panas yang dilakukan adalah dengan menambahkan diluent, surfaktan serta sealing agent. Surfaktan berfungsi sebagai pengemulsi antara bitumen, diluent dan air sehingga bitumen dapat terlepas dari mineralnya dengan bantuan proses mekanikal (pengadukan). Sedangkan sealing agent seperti NaOH, *Sodium Silika*, *Sodium Carbonate*, dan *Sodium*

Trypholiphospate, berfungsi sebagai basa untuk mengaktifkan surfaktan alami dari asbuton, serta sebagai pemisah antara mineral dan bitumen agar tidak kembali berikatan (Dai, 1996).

Penelitian pemisahan bitumen menggunakan media air panas telah dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, jurusan Teknik Kimia, ITS sejak tahun 2012. Qomary (2012) melakukan studi proses pemisahan bitumen dari Asbuton dengan proses *hot water*, pada penelitian ini kerosin digunakan sebagai *diluent*. Kemudian penelitian dilanjutkan oleh Novitrie (2014) yang melakukan studi pemisahan bitumen dari Asbuton dengan menggunakan pelarut solar dan penambahan surfaktan dengan media air panas. Persen *recovery* yang diperoleh 81,09 % dengan perbandingan solar asbuton 50% : 50%. Yuda (2015) melakukan penelitian studi proses pemisahan bitumen dari asbuton menggunakan media air panas dengan rasio solar : solar-asbuton dan surfaktan *Sodium Ligno Sulfonat* (SLS) serta Natrium Hidroksida (NaOH). Persen *recovery* yang didapat 86,29 % dengan perbandingan solar : asbuton = 60 : 40, konsentrasi surfaktan SLS 0,05% dan konsentrasi NaOH 0,05%. Ahmed (2015) melakukan penelitian studi proses pemisahan bitumen dari asbuton menggunakan media air panas dengan rasio solar : solar-asbuton dan surfaktan *Sodium Ligno Sulfonat* (SLS) serta Natrium Hidroksida (NaOH). Persen *recovery* yang didapat 92 % dengan perbandingan solar : asbuton = 60 : 40, konsentrasi surfaktan SLS 0,5% dan konsentrasi NaOH 1%. Gissa (2016) melakukan penelitian tentang studi pemisahana bitumen dari asbuton menggunakan media air panas dengan penambahan solar, surfaktan anionik, dan NaOH dengan hasil penelitian perolehan persen recovery tertinggi adalah 97% dengan NaOH 1%, surfaktan anionik yang digunakan *Linier Alkil benzene sulfonat* (LAS) sebesar 1,5%, dan rasio *wetting agent* (Rwa) sebesar 25%.

Problematika yang dihadapi pada metode media air panas dengan modifikasi untuk memisahkan bitumen dari asbuton adalah *recovery* yang masih rendah. Perolehan *recovery* bitumen dipengaruhi oleh beberapa parameter yang berkaitan dengan sifat permukaan antara lain *interfacial tension*, *contact angle* dan *wettability*. Pemilihan jenis surfaktan sebagai wetting agent merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam proses pemisahan bitumen dari Asbuton

menggunakan media air panas. Berdasarkan penelitian koefisien hidrofilik oleh Xu dkk (2011) nilai *Hidrophile Lipophile Balance* (HLB) dari LAS adalah 34, sedangkan untuk pemisahan bitumen dari mineral dibutuhkan surfaktan dengan nilai HLB yang kecil karena semakin kecil nilai HLB akan menyebabkan surfaktan lebih bersifat hidrofob, sehingga dapat lebih kuat menarik bitumen. *Sodium dodecylbenzene Sulphonate* memiliki gugus hidrofob lebih dominan daripada hidrofilnya sehingga nilai HLB-nya lebih rendah daripada LAS. *Sealing agent* juga memiliki peranan penting untuk memisahkan bitumen, yaitu selain sebagai pengkondisian basa agar surfaktan alami didalam asbuton teraktifkan, juga sebagai pelapis agar bitumen tidak kembali berikatan dengan mineral. Sealing agent yang digunakan pada umumnya bersifat alkali. Salah satu contoh sealing agent yaitu *Sodium Hydroxide* yang dapat mengaktifkan surfaktan alami berupa gugus karboksilat yang terdapat dalam bitumen sehingga dapat memperkecil interfacial tension (Bakhtiari,2004). *Sodium Silicate* dapat digunakan sebagai *depressant* untuk mengendapkan mineral yang terpisah dari bitumen (Rao,2013). *Sodium Carbonate* dapat digunakan untuk memodifikasi sifat permukaan mineral yang mengandung calcite (Zhang,2006). *Sodium Tripolyphosphate* merupakan *chelating/depressant agent* yang berperan dalam mengikat bagian-bagian bitumen yang terikat dalam mineral (Hupka,1991).

Hingga saat ini pengaruh parameter-parameter proses (*interfacial tension* dan *wettability*) terhadap mekanisme proses pemisahan bitumen dari Asbuton belum dipahami secara baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mempelajari pengaruh surfaktan, diluent dan *sealing agent* terhadap proses pemisahan bitumen dengan media air panas untuk dapat menjelaskan lebih baik mekanisme proses pemisahan bitumen tersebut, sehingga dapat dilakukan modifikasi proses untuk mendapatkan % *recovery* bitumen yang lebih tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mekanisme pemisahan bitumen dari asbuton dengan menggunakan media air panas dipengaruhi oleh surfaktan *Sodium Dodecylbenzene Sulphonate* (SDS) sebagai *wetting agent* dan *Sodium Hidroksida*, *Sodium Silika*, *Sodium Karbonat*, *Sodium Trypholiphospate* sebagai *sealing agent* serta

komposisi *sealing agent* yang tepat untuk meningkatkan % *Recovery* bitumen melalui perannya dalam perubahan *interfacial tension*, *contact angle* dan *wettability*.

1.3 Lingkup Penelitian

1. Sampel batuan Asbuton yang digunakan berasal dari daerah Kabungka, Sulawesi Tenggara.
2. Proses pemisahan bitumen dari batuan asbuton menggunakan tangki berpengaduk dengan dengan 4 *baffle* pada kecepatan 1500 rpm menggunakan tipe impeler berupa *disc turbine* yang dioperasikan secara *batch*.
3. Proses yang digunakan adalah pemisahan bitumen menggunakan media air panas dengan solar sebagai *diluent agent*, disertai penambahan *wetting agent* berupa surfaktan SDS dan *sealing agent* (*Sodium Hidroksida*, *Sodium Silika*, *Sodium Carbonate*, *Sodium Trypholiphospate*).

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh campuran surfaktan *Sodium Dodecyl Benzene Sulfonat* dan NaOH serta kombinasi dengan penambahan Sodium silika (Na_2SiO_3), Sodium karbonat (Na_2CO_3), dan Sodium Tripolyphospate (NTP) terhadap *recovery* bitumen.
2. Menentukan komposisi campuran Sodium Dodecyl Benzene Sulfonat, NaOH, Sodium Silika, Sodium Karbonat, Sodium Trypholiphospate untuk mendapatkan *recovery* tertinggi.
3. Mempelajari mekanisme pemisahan bitumen dari Asbuton menggunakan media air panas untuk melakukan perbaikan proses dalam rangka meningkatkan *recovery* bitumen.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh surfaktan anionik (*Sodium Dodecyl Benzene Sulfonat*) dan *sealing agent* (NaOH, Na_2CO_3 , $\text{Na}_2\text{P}_5\text{O}_{10}$ dan Na_2SiO_3) terhadap perolehan *Recovery* bitumen serta mekanisme pada proses

pemisahan bitumen dari asbuton menggunakan media air panas sehingga dapat menjadi sumber referensi pada aplikasi industri.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aspal Batu Buton (Asbuton)

Secara umum aspal berdasarkan sumbernya dibagi menjadi dua kelompok yaitu aspal minyak dan aspal alam (Odebunmi and Olaremu 2015).

a. Aspal Minyak

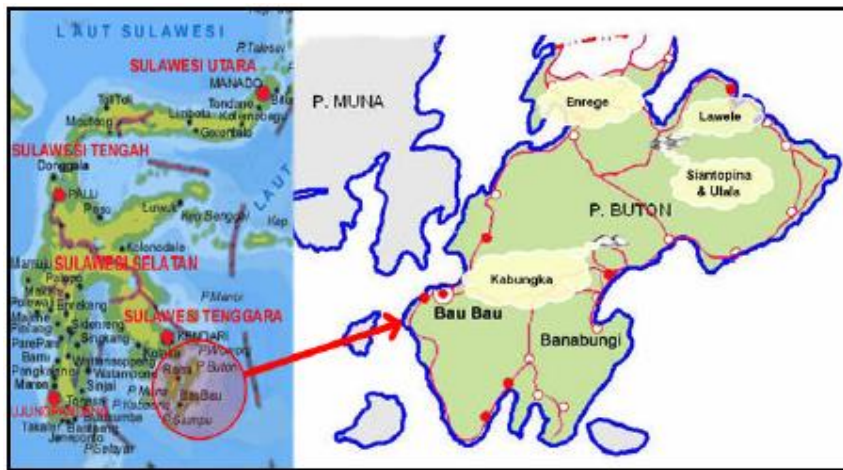
Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (2006), Aspal minyak dihasilkan dari hasil terakhir penyaringan minyak tanah kasar (*crude oil*) sehingga merupakan bagian terberat dari minyak tanah kasar dan terkental. Oleh karena itu untuk memperoleh aspal dengan mutu baik dipilih bahan baku minyak bumi dengan kadar parafin rendah. Berdasarkan nilai penetrasi, AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) membagi aspal kedalam lima kelompok jenis aspal yaitu aspal 40–50, aspal 60–70, aspal 85–100, aspal 120–150, dan aspal 200–300 (Adebiyi and Akhigbe 2015).

b. Aspal Alam

Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (2006), Aspal ini langsung terdapat di alam, memperolehnya tanpa proses pemasakan. Di Indonesia terdapat di Pulau Buton diistilahkan sebagai Asbuton (Aspal Buton). Aspal ini merupakan campuran antara bitumen dan mineral dari ukuran debu sampai ukuran pasir yang sebagian besar merupakan mineral kapur. Sifat mekanis Asbuton menunjukkan pada temperatur <30 °C pecah dan pada temperatur 30°C - 60°C menjadi plastis selanjutnya pada temperatur 100 °C -150 °C akan menjadi cair (Institute of Petroleum,1984)

Asbuton merupakan salah satu aspal alam yang terdapat di Indonesia tepatnya di pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton pada umumnya berbentuk padat yang terbentuk secara alami akibat proses geologi. Proses terbentuknya asbuton berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan di antara batuan yang porous.

Berdasarkan data (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2006), Asbuton (Aspal Buton) yang ditemukan kira-kira 70 tahun yang lalu merupakan deposit aspal alam terbesar di dunia. Deposit asbuton tersebar dari Teluk Lawele sepanjang 75 km dengan lebar 20 km di tambah wilayah Enreke yang termasuk wilayah Kabupaten Muna. Dari eksplorasi yang dilakukan *Alberta Research Council* di daerah Lawele tahun 1989 pada 132 titik pengeboran diperoleh hasil bahwa ketebalan asbuton berkisar antara 9 meter sampai 45 meter atau ketebalan rata- rata 29,88 meter dengan tebal tanah penutup 0 – 17 meter pada luas daerah pengaruh asbuton 1.527.343,5 m²



Gambar 2.1 Peta Sebaran Endapan Aspal di Pulau Buton (Kurniadji,2003)

Data tersebut ditunjang pengkajian lanjutan yang dilakukan oleh KPN Bhumi Dharma, Bidang wilayah pertambangan dan energi propinsi Sulawesi Tenggara (1997) serta data satelit (Ahmet,2015), memperlihatkan cadangan aspal alam total adalah sekitar 677,247 juta ton yang tersebar di pulau Buton disajikan dalam **Tabel 2.1**. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa 31,05% dari total cadangan aspal alam pulau Buton terdapat di daerah Lawele.

Tabel 2.1 Data Cadangan Aspal Batu Buton

Lokasi	Perkiraan Jumlah Cadangan
Waesiu	0,100 juta ton
Kabungka	60 juta ton
Winto	3,2 juta ton
Winil	0,6 juta ton
Lawele	210,283 juta ton

Siantopina	181,25 juta ton
Ulala	47,089 juta ton
Enreko	174,725 juta ton
Jumlah	677,247 Juta ton

Berdasarkan data Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (2006), hanya lokasi penambangan Kabungka saja yang telah ditambang dan dimanfaatkan, daerah lokasi penambangan lainnya seperti daerah Lawele, baru dalam tahap eksplorasi dan sedikit pemanfaatan.

Terdapat beberapa pendapat dari para ahli geologi mengenai terbentuknya asbuton. Sebagian besar berpendapat bahwa terbentuknya asbuton berawal dari adanya minyak bumi yang terdistilasi secara alamiah karena adanya intrusi magma. Bagian yang ringan dari minyak bumi menguap dan residu yang berupa bitumen terdesak mengisi lapisan batuan yang ada disekitarnya melalui patahan dan rekahan.

Menurut Rumanto (1989), asbuton terbentuk akibat dari proses destilasi alam yang melalui batuan kapur, maka asbuton tersusun dari bitumen (aspal murni/*asphaltene*) dengan mineral yang tercampur secara alami, dimana mineral-mineral itu sebagian besar terdiri dari kapur (CaCO_3) terlihat pada **Tabel 2.2** yang mengakibatkan asbuton bersifat higroskopis dan membawa dampak kurang baik terhadap konstruksi jalan (dimana kandungan air maksimum 10% dalam konstruksi jalan).

Tabel 2.2 Komposisi Mineral Asbuton Kabungka dan Lawele (Hermadi, 2014)

Senyawa	Hasil pengujian	
	Kabungka (%)	Lawele (%)
CaCO_3	86,66	72,9
MgCO_3	1,43	1,28
CaSO_4	1,11	1,94
CaS	0,36	0,52
H_2O	0,99	2,94
SiO_2	5,64	17,06
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	1,52	2,31
Residu	0,96	1,05

Saat ini, penggunaan asbuton terbatas pada :

1. Untuk campuran aspal panas dan aspal hangat yaitu menggunakan asbuton butir.
2. Untuk campuran aspal dingin dengan asbuton butir dan aspal emulsi.
3. Untuk *asbuton tile*.
4. Untuk melapisi bendungan agar kedap air.
5. Sebagai *block asbuton* untuk trotoar dan lain-lain.
6. Cocok digunakan untuk konstruksi berat.

2.1.2 Karakteristik Asbuton

Asbuton memiliki sifat yang berbeda-beda tergantung dari daerah mana asbuton tersebut diperoleh. Sampai saat ini dikenal ada dua daerah penambangan asbuton yang banyak dimanfaatkan hasilnya, yaitu di daerah kabungka dan lawele. Menurut Hermadi (2008) perbedaan ini disebabkan oleh sifat bitumen yang ada didalamnya, dimana bitumen pada deposit Kabungka mempunyai nilai penetrasi yang keras < 10 dmm dibanding dengan aspal yang berasal dari Lawele dengan nilai penetrasi bisa mencapai 30 dmm bahkan lebih (**Tabel 2.3**). Sifat yang dimiliki dari kedua asbuton tersebut berbeda.

Berikut hasil pengujian fisik dan analisis kimia dari mineral dan bitumen Asbuton hasil ekstraksi, dari deposit di lokasi Kabungka dan Lawele berdasarkan data (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2006) :

Tabel 2.3 Sifat Fisik Aspal Asbuton dari Kabungka dan Lawele (Hermadi, 2014)

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
	Kabungka	Lawelee
Kadar aspal, %	20	30,08
Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik, mm	0,4	0,36
Titik Lunak (<i>Softening point</i>), °C	101	59
Kelenturan, 25°C, 5 cm/menit, cm	<140	>140
Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃ , %	-	99,6
Titik nyala, °C	-	198
Berat jenis, kg/m ³	1,046	1,037
Penetrasi setelah TFOT, %	-	94
Titik Lunak setelah TFOT, °C	-	62
Kelenturan setelah TFOT, cm	-	>140

Asbuton memiliki dua jenis unsur utama yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Pengertian aspal adalah suatu campuran hidrokarbon berat yang memiliki beberapa sifat, diantaranya berwarna coklat tua sampai hitam, padat atau semi padat yang terdiri dari bitumen – bitumen yang terdapat di alam atau diperoleh dari residu minyak bumi. Sedangkan bitumen menurut ASTM adalah campuran hidrokarbon yang berasal dari alam, yang bercampur dengan turunan – turunan non logam seperti gas, liquid, semi padatan atau padatan yang larut dalam karbon disulfid.

2.1.3 Bitumen Aspal Buton

Deposit asbuton terbentuk akibat adanya minyak bumi yang terdorong menembus kerak bumi. Komponen yang mudah menguap dari minyak bumi, seperti *gasoline*, *kerosene* menguap dan meninggalkan sejumlah deposit bitumen yang tercampur dengan mineral anorganik. Campuran bitumen-mineral anorganik inilah yang kemudian disebut sebagai aspal alam (Bissada dkk, 2016).

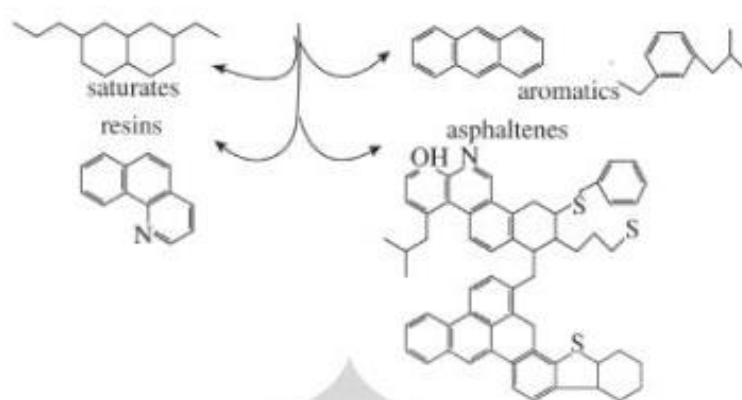
Asbuton mengandung 11-25% bitumen bergantung sumbernya. Bitumen merupakan hidrokarbon rantai panjang, berwarna hitam, dan menunjukkan sifat *thermoplastic*, yakni menjadi encer ketika dipanaskan, namun kembali mengeras seiring dengan pendinginan. Pada umumnya, bitumen digunakan sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis. Bitumen akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Bitumen tergolong perekat dan *waterproofing agent* yang baik, dan memiliki ketahanan yang baik terhadap reaksi oksidasi. Walaupun demikian, bitumen mudah larut dalam berbagai pelarut organik seperti benzena, trikloroetana, dan karbon disulfida. *Specific heat* dari bitumen bervariasi antara 0,4 hingga 0,6 cal/g°C pada suhu 0 – 300°C dengan nilai *thermal conductivity* sebesar 0,14 kcal/m°C/h (Bissada dkk, 2016).

Bitumen merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Bitumen merupakan senyawa yang kompleks utamanya yang disusun oleh hidrokarbon dan atom – atom N, S, dan O dalam jumlah yang kecil, juga beberapa logam seperti *Vanadium*, Ni, Fe, Ca, dalam bentuk garam organik dan oksidanya. Secara kuantitatif komposisi bitumen berdasarkan unsur yang terkandung didalamnya terlihat pada **Tabel 2.4** (*Institute of Petroleum*,

1984, p.1089). Sedangkan jika meninjau struktur komponen bitumen yang kompleks, komposisi bitumen dapat dikelompokkan menjadi *saturates*, *asphaltenes*, *resin* dan *aromatic* (SARA) . Masing – masing komponen memiliki struktur dan komposisi kimia yang berbeda, dan menentukan sifat rheologi dari bitumen, gambaran struktur kimia dari komponen-komponen utama penyusun bitumen terdapat pada **Gambar 2.2**.

Tabel 2.4 Komposisi bitumen berdasarkan unsurnya

Komposisi	Jumlah persentase (w%)
Karbon	80-88
Hydrogen	8-11
Belerang	0-6
Oksigen, Nitrogen, dan Unsur Logam	0-4



Gambar 2.2 Struktur Keempat Senyawa Penyusun Bitumen (Liu dkk, 2002)

Sifat dan komposisi dari senyawa penyusun bitumen aspal alam terdapat pada **Tabel 2.5** menjelaskan bahwa setiap komponen dalam bitumen memiliki peran dan sifat yang berbeda. Asphaltenes merupakan komponen penting yang terdapat dalam bitumen yang menentukan sifat rekat dan menentukan nilai penetrasi. apabila bitumen pada asbuton dipisahkan terlebih dahulu maka kualitas dari asbuton akan lebih baik jika dibandingkan dengan aspal minyak. Hal ini karena banyaknya kandungan asphaltenes pada bitumen Asbuton yang ditunjukkan pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2.5 Sifat – Sifat Senyawa Penyusun Bitumen Aspal Alam (Nuryanto,2007)

No.	<i>Asphaltene</i>	Resin	Aromatik	Hidrokarbon Jenuh
1.	Sangat polar	Memiliki sifat rekat yang kuat	Bersifat non – polar	Bersifat non-polar
2.	Aromatik kompleks	Tersusun oleh C dan H dan sedikit O, S, dan N		Terdiri dari campuran hidrokarbon lurus, bercabang, alkil naphtene dan aromatic
3.	Berat molekul 1000 – 100000	Berat molekul 500 – 50000	Berat molekul 300 – 2000	Berat molekul 300 – 2000
4.	Semakin tinggi <i>asphaltenes</i> , maka bitumen semakin keras, kental, tinggi titik lembeknya, dan semakin rendah harga penetrasinya	Sebagai <i>dispersing agent</i> atau <i>peptizer</i> dari <i>asphaltenes</i>	Merupakan 40 – 65% dari total bitumen	Merupakan 5 – 20% dari total bitumen
5.	Berwarna hitam/coklat	Berwarna coklat tua	Berwarna cokla tua	

Tabel 2.6 Komponen Kimia Aspal Kabungka dan Lawele (Hermadi,2014)

Komponen Kimia	Lawele	Kabungka
Nitrogen (N), %	30.08	29,04
<i>Acidaffins</i> (A ₁), %	6.6	9.33
<i>Acidaffins</i> (A ₂), %	8.43	12.98
<i>Paraffine</i> (P), %	8.96	11.23
Parameter <i>Maltene</i> , %	2.06	1.5
Nitrogen/ <i>Paraffine</i> , N/P	3.28	2.41
Kandungan <i>Asphaltene</i> , %	46.92	39.45

2.2 Metode Pemisahan Bitumen

Teknologi pemisahan bitumen bisa dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya dengan metode ekstraksi dengan pelarut organik, pemisahan dengan media air panas (*hot water*).

2.2.1 Metode Ekstraksi dengan Pelarut *Organik*

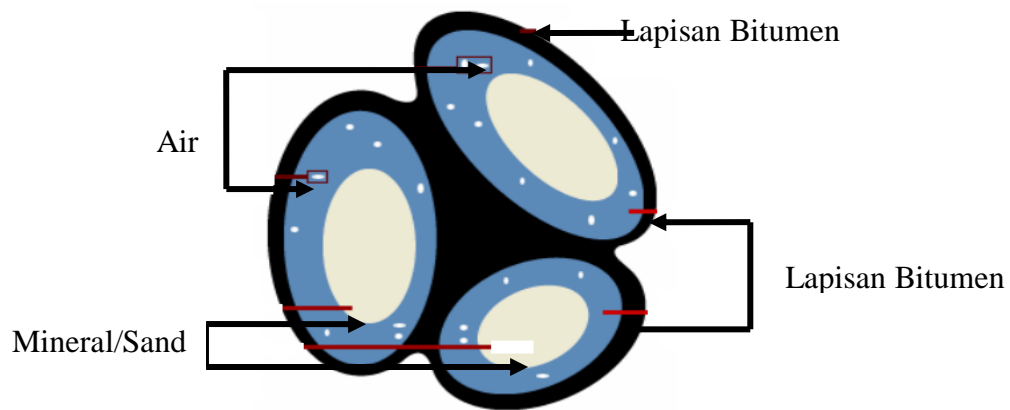
Dalam proses ini, pelarut yang digunakan adalah pelarut organik seperti *n-hexane*, *pertasol* dan *kerosin*. Asbuton dalam bentuk bongkahan besar di perkecil ukurannya dengan menggunakan *jaw crusher* dan *hammer mill*. Bahan dasar asbuton yang ukurannya sudah kecil di ekstraksi menggunakan bahan pelarut tertentu sehingga bitumen terpisah dari mineral yang melingkupinya. Hasil ekstraksi dipisahkan dengan menggunakan *centrifuge* untuk memisahkan antara padatan dengan cairan yang mengandung aspal. Kemudian cairan yang masih mengandung bitumen tersebut di distilasi atau di vaporasi, sehingga pelarut organik menguap dan yang tersisa adalah bitumen yang disebut bitumen murni. Pelarut organik memiliki titik didih yang relatif rendah, sehingga lebih mudah untuk dipisahkan dan pelarut bisa digunakan kembali dalam ekstraksi. Hal ini dapat meminimalisasi biaya produksi (Kurniadji,2014)

2.2.2 Metode pemisahan bitumen dengan media air panas (*Hot Water*)

Teknologi pemisahan bitumen dengan *hot water* terhadap batuan Athabasca dikembangkan oleh Dr. Karl Clark pada tahun 1920-an dan dikenal sebagai “*Clark hot water process*”. Berikut ini adalah struktur *tar sand* dimana bitumen dan mineral dipisahkan oleh lapisan air (Pasternack dan Clark, 1951).

2.2.2.1 *Hot Water Process* untuk *Athabasca Tar Sands*

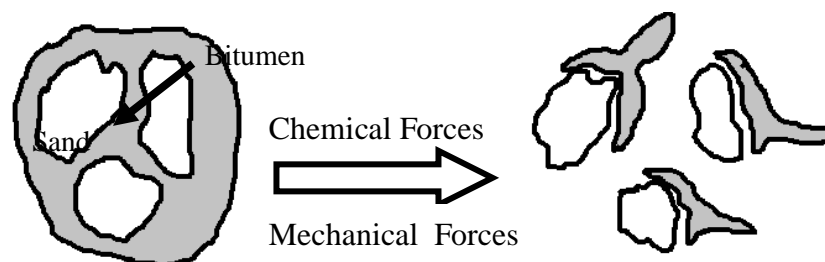
Proses ini menggunakan *hot water* untuk mendapatkan *recovery* bitumen dari *Athabasca tar sands* dan telah dilakukan di *Canada*. *Hot water process* merupakan istilah proses pemisahan yang dilakukan oleh Clark, dimana pada pemisahan ini menggunakan air sebagai media pemisah bitumen dari mineralnya. *Hot water process* dapat menurunkan viskositas bitumen dan membantu pelepasan bitumen dari *sand* saat terjadinya *high-shear force* yang diakibatkan oleh adanya pengadukan dan penambahan bahan kimia di dalam *digester* (Kumar and Tyagi 2013). **Gambar 2.3** merupakan ilustrasi struktur bitumen pada Athabasca tar sand, menunjukkan bahwa struktur bitumen pada *Athabasca tar sand* memiliki kandungan air yang menyebabkan proses pemisahan dengan menggunakan *Hot Water Process* ini mudah diterapkan.



Gambar 2.3 Struktur *Athabasca* dengan Lapisan Air (Pasternack dan Clark, 1951)

2.2.2.2 Hot Water Process untuk *Utah Tar Sands*

Hot water process Athabasca tar sands tidak dapat diaplikasikan langsung pada *Utah tar sands* karena adanya perbedaan sifat fisik dan kimia dari *tar sand*. *Utah tar sands*, butiran pasirnya diselubungi oleh lapisan bitumen (**Gambar 2.4**). Hal ini bertolak belakang dengan *Athabasca tar sands*, dimana pasirnya lebih mudah dipisahkan dari lapisan bitumen karena adanya lapisan air yang mengelilingi setiap partikel pasir. Akibatnya, fase pelepasan pada *Utah tar sands* tidak mudah. Tidak adanya lapisan air dan adanya ikatan yang kuat antara pasir dan bitumen, menyatakan bahwa membutuhkan bahan tambahan (*agent penetrating*) untuk memudahkan fase pelepasan bitumen. Desain *Hot water process* pada *Utah tar sands* memerlukan *high temperature* dan *high shear force* dengan penambahan *penetrating agent* seperti kerosin sebelum masuk ke dalam digester yang berfungsi untuk memecahkan ikatan antara bitumen dan *solids*. *Penetrating agent* juga berfungsi untuk menurunkan viskositas dan menaikkan perolehan bitumen dari *tar sands*.



Gambar 2.4 Fase Pelepasan Bitumen (Miller dan Misra, 1981)

2.2.2.3 Proses *Hot Water* untuk Asbuton dalam Tangki Berpengaduk

Asbuton memiliki sifat yang hamper sama dengan Utah tar sand yaitu struktur bitumen yang terikat kuat pada mineralnya sehingga perlu temperatur dan *shear force* yang tinggi serta penambahan *diluent* dalam proses pemisahannya. Selain itu perlu ditambahkan surfaktan untuk meningkatkan proses pelepasan bitumen dari mineralnya.

Proses *hot water* ini dilakukan dalam sebuah tangki berpengaduk berbentuk tangki silinder dengan kapasitas 1500 cm³ terbuat dari stainless-steel, yang dilengkapi dengan pengaduk *disc turbin*. Tangki pemisah dilengkapi dengan 4 buah baffle. Proses pemisahan dilakukan dengan cara mengisi tangki pemisah dengan 300 gram asbuton yang ditambah *solar* sesuai variabel % berat *solar* terhadap massa campuran asbuton-*solar* dan yang diaduk dengan kecepatan 250 rpm pada suhu 90°C selama 30 menit. Kemudian ditambahkan larutan surfaktan SLS-NaOH bersuhu 90°C sesuai variabel % berat terhadap massa campuran asbuton, *solar* serta larutan SLS-NaOH. Selanjutnya dilakukan proses pemisahan selama 30 menit dengan suhu pemanas 90°C dan kecepatan putar pengaduk 1500 rpm. Setelah proses pemanasan selesai, larutan dipindahkan ke dalam *beaker glass* dan ditambahkan air panas hingga volume 500 mL. Dari proses ini akan terbentuk 3 lapisan yaitu lapisan paling atas terdiri dari bitumen-*solar*, kemudian lapisan tengah terdiri dari air, surfaktan, dan mineral yang terlarut dalam air, dan lapisan paling bawah terdiri dari padatan asbuton yang tidak terekstrak, mineral yang terendapkan, dan sedikit air. Lapisan paling atas dipisahkan dan dianalisis konsentrasi bitumennya dengan mengukur densitasnya. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui persen (%) *recovery* dari proses pemisahan (Ahmed, 2015).

Proses pemisahan asbuton dengan proses *hot water* dipengaruhi oleh beberapa parameter proses antara lain *penetrating agent*, *wetting agent* dan *sealing agent* serta kondisi pengadukan.

a. Diluent agent

Diluent agent berfungsi sebagai penurun viskositas bitumen dalam asbuton. Menurut J. Drelich (2008) melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa

penambahan diluent akan mempengaruhi viskositas bitumen sehingga mempermudah proses pelepasan bitumen dari asbuton.

Berdasarkan penelitian Siswoshoebroto (2005) viskositas bitumen pada asbuton adalah 15,4 Pa.s. Sedangkan menurut Hupka (1984) bitumen dapat diklasifikasikan menjadi tiga dua berdasarkan viskositasnya pada **Tabel 2.7**, berdasarkan klasifikasi tersebut maka penambahan diluent dibutuhkan untuk pemisahan bitumen dari Asbuton.

Tabel 2.7 Klasifikasi bitumen berdasarkan viskositas (Hupka,1984)

Kelas	Karakter Bitumen	Viskositas Bitumen pada 50°C (Pa.s)	Proses
I	<i>Light</i>	<1,5	Tidak membutuhkan <i>diluent</i>
II	<i>Moderate</i>	0,5-10 ²	Penambahan <i>diluent</i> secara <i>optional</i>
III	<i>Heavy</i>	10 ² -10 ⁸	Perlu penambahan <i>diluent</i>
IV	<i>Very heavy</i>	>10 ⁸	Bitumen tidak dapat menggunakan <i>Hot Water Process</i> untuk pemisahan

Diluent adalah bahan yang digunakan sebagai penurun viskositas. Salah satu parameter penting pada pemilihan *diluent* yaitu viskositas dari *diluent* tersebut. Solar memiliki viskositas rendah sebesar 2×10^{-3} - 5×10^{-3} Pa.s (**Tabel 2.8**), sehingga dipilih sebagai diluent. Solar merupakan bahan bakar berwarna kuning kecoklatan yang jernih. Pada distilasi bertingkat, minyak bumi memiliki titik didih antara 250 °C dan 300 °C dengan rantai karbon dari C₁₄ sampai C₁₈. Kualitas solar umumnya dinyatakan dengan bilangan *cetana* yaitu tolak ukur kemudahan menyala atau terbakarnya suatu bahan bakar di dalam mesin diesel (Fery Hariyanto, 2013). Diluent yang dapat digunakan pada proses pemisahan bitumen adalah senyawa yang mengandung hidrokarbon dan memiliki sifat sejenis dengan bitumen tetapi dengan viskositas yang lebih rendah, salah satu diluent pada proses pemisahan bitumen antara lain solar, kerosene, pertasol dsb. Diantara beberapa diluent yang tersedia, solar dipilih sebagai diluent yang baik pada pemisahan ini dengan sebab karena solar memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan kerosene dan pertasol, sehingga pada saat proses digesting dan mixing tidak mudah menguap. Selain itu, saat ini Solar memiliki nilai yang lebih ekonomis dan mudah diperoleh

daripada kerosin sehingga juga dapat digunakan sebagai pelarut aspal. Berdasarkan data dari Pertamina (2008) berikut adalah karakteristik solar :

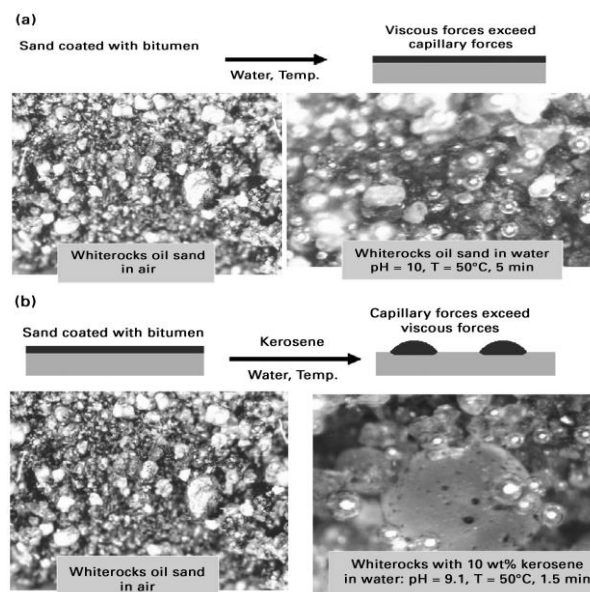
Tabel 2.8 Karakteristik Solar (Pertamina, 2008)

No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Bilangan Cetana		45	48
2	Berat Jenis	kg/m ³	815	870
3	Viskositas (suhu 40 °C)	Pa.s	2x10 ⁻³	5x10 ⁻³
4	Kandungan sulfur	%m/m		0.35
5	Titik nyala	°C	60	
6	Titik didih	°C		370
7	Kandungan air	mg/kg		500
8	Residu karbon	%m/m		0.1
9	Kandungan abu	% v/v		0.01

Manfaat solar yaitu digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin diesel, bahan baku pembuatan bensin melalui proses *cracking*, pembuatan minyak oplosan untuk bahan bakar kapal dengan cara dicampur dengan kerosin dan sebagai pelarut aspal keras (aspal minyak) sehingga menghasilkan aspal cair SC (*Slow Curing*) yang memiliki viskositas tinggi dan lebih kuat ikatannya sehingga dapat digunakan pada jalan yang memiliki lalu lintas tinggi dan kondisi cuaca yang panas.

Penambahan solar dalam proses pemisahan ini bisa didekati dengan fenomena penambahan kerosene pada suhu tertentu dan pH tertentu pada **Gambar 2.5**. Gambar kiri di kedua (a) dan (b) adalah sama dan mewakili sampel *White Rocks oil sand* di udara. Gambar kanan pada (a) dan (b) adalah sampel *White Rocks oil sands* tenggelam dalam fase air. Pelarut kimia dan suhu yang ditentukan dalam foto tersebut. Sampel dalam (a) adalah bahan baku *Whiterocks oils sand*, sedangkan sampel (b) diencerkan dengan minyak tanah sebelum tenggelam ke dalam fase air.

Percobaan sederhana dilakukan dan diilustrasikan oleh gambar pada **Gambar.2.5** menunjukkan pentingnya pengurangan viskositas aspal untuk keberhasilan pengolahan *oil sand*. Hal ini juga memberikan petunjuk penting mengapa *pretreatment oil sand* dengan pelarut seperti minyak tanah merupakan syarat dalam pengolahan *oil sand* (J. Drelich,2008). Hal ini juga menunjukkan pentingnya penambahan solar pada percobaan ini

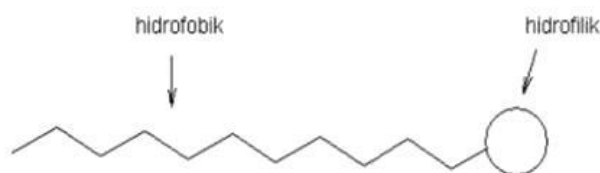


Gambar 2.5 Penambahan *diluent oil sands*: (a) perilaku aspal kental dalam air dan (b) perilaku aspal viskositas rendah (aspal diencerkan dengan kerosin) di dalam air (J Drelich,2008)

b. *Wetting agent*

Wetting agent berfungsi menurunkan *interfacial tension bitumen*. Salah satu penurun *interfacial tension* ialah surfaktan. Asbuton memiliki kandungan surfaktan alami namun dengan kadar yang sangat kecil. Surfaktan alami pada asbuton memiliki gugus sulfonate dan bersifat basa. *Wetting agent* yang digunakan pada pemisahan bitumen harus bersifat basa pula agar dapat bekerja bersama dengan surfaktan alami asbuton (Bakhtiari, 2015). Menurut Cullum (1994), surfaktan (*surface active agent*) merupakan suatu zat yang memiliki kemampuan menurunkan tegangan permukaan (*interfacial tension*). Salah satu sebabnya adalah karena

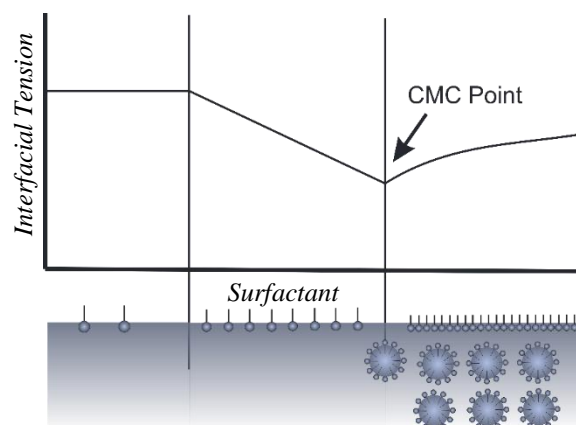
surfaktan memiliki gugus hidrofilik (bagian polar) di satu sisi dan hidrofobik (non-polar) di sisi yang lain ditunjukkan oleh ilustrasi **Gambar 2.6**. Bagian polar surfaktan dapat bermuatan *positive*, *negative* atau *netral*. Pada sebagian besar surfaktan, bagian hidrofobiknya berupa rantai hidrokarbon yang memiliki panjang rantai 12 hingga 18 atom karbon dan disebut juga sebagai ekor. sementara bagian yang polar



Gambar 2.6 Gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik pada surfaktan

Surfaktan (*surfactant = surfactive active agent*) adalah zat seperti detergent yang ditambahkan pada cairan untuk meningkatkan sifat penyebaran atau pembasahan dengan menurunkan tegangan permukaan cairan. Gugus hidrofobik merupakan gugus yang menolak air sedangkan gugus hidrofilik tertarik kuat pada molekul air. Struktur ini disebut juga dengan struktur *amphipatic*. Adanya dua gugus ini menyebabkan penurunan tegangan muka dipermukaan cairan. Gugus hidrofilik pada surfaktan bersifat polar dan mudah bersenyawa dengan air, sedangkan gugus lipofilik atau hidrofob bersifat non polar dan mudah bersenyawa dengan minyak. Sifat hidrofob dan hidrofil dari surfaktan dapat dilihat dari nilai *Hydrophile Lipophile Balance* (HLB) dari surfaktan tersebut, semakin tinggi nilai HLB suatu surfaktan akan lebih bersifat hidrofil sedangkan semakin rendah nilai HLB suatu surfaktan akan lebih bersifat hidrofob. Di dalam molekul surfaktan, salah satu gugus harus lebih dominan jumlahnya. Bila gugus polarnya yang lebih dominan, maka molekul-molekul surfaktan tersebut akan diabsorpsi lebih kuat oleh air dibandingkan dengan minyak. Akibatnya tegangan permukaan air menjadi lebih rendah sehingga mudah menyebar dan menjadi fase kontinu. Demikian pula sebaliknya, bila gugus non polarnya lebih dominan, maka molekul molekul surfaktan tersebut akan diabsorpsi lebih kuat oleh minyak dibandingkan dengan air. Akibatnya tegangan permukaan minyak menjadi lebih rendah sehingga mudah menyebar dan menjadi fase kontinu (Nurdiyanto 2013)

Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan permukaan akan konstan walaupun konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Bila surfaktan ditambahkan melebihi konsentrasi ini maka surfaktan mengagregasi membentuk misel. Konsentrasi terbentuknya misel ini disebut *Critical Micelle Concentration* (CMC). Tegangan permukaan akan menurun hingga CMC tercapai. Setelah CMC tercapai, tegangan permukaan akan konstan yang menunjukkan bahwa antar muka menjadi jenuh dan terbentuk *micelle* yang berada dalam keseimbangan dinamis dengan monomernya *Micelle* tersebut adalah pengumpulan atau agregasi molekul – molekul surfaktan (**Gambar 2.7**). (Genaro, 1990) Apabila tegangan permukaan menurun maka recovery dari bitumen akan meningkat.



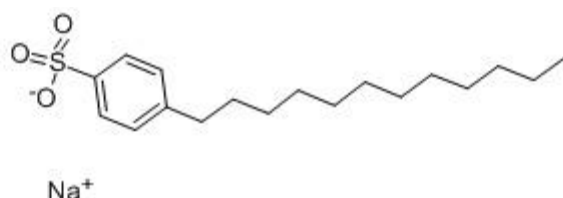
Gambar 2.7 Terbentuknya *Micelle* (Genaro, 1990)

Dalam pemisahan bitumen, bitumen memiliki gugus polar sehingga surfaktan akan membentuk *micelle* dengan gugus hidrofilik surfaktan mengikat bitumen tersebut, sehingga bitumen dapat terlepas dari mineralnya. Sedangkan gugus hidrofobik surfaktan akan mengikat senyawa non polar sehingga bitumen dan senyawa non polar tersebut akan larut.

Klasifikasi surfaktan berdasarkan sifat dari gugus hidrofiliknya diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Surfaktan anionik, yakni surfaktan yang bagian hidrofiliknya bermuatan negatif. Yang biasanya merupakan gugus sulfat atau sulfonat. Pada surfaktan ini gugus hidrofob diikat ke bagian hidrofil dengan ikatan C-O-

S. Salah satu contoh surfaktan anionik adalah *Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate* (SDS)



Gambar 2.8 Struktur Surfaktan *Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate* (SDS) (Hu and Chou 2015)

Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate (SDS) adalah surfaktan anionik umumnya sebagai pembasah, foaming, emulgator dalam pembuatan detergen. SDS terbentuk dari reaksi antara *Benzene* dan *Dodecene* membentuk *Dodecyl Benzene*. Kemudian *Dodecyl Benzene* yang terjadi ditambahkan dengan *oleum* menghasilkan *Dodecyl Benzene Sulfonic Acid*. *Dodecyl Benzene Sulfonic Acid* yang terjadi kemudian dinetralkan dengan penambahan NaOH sehingga menghasilkan *Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate*. SDS memiliki rantai hidrokarbon sebagai gugus hidrofobik dan ion SO_3^- sebagai gugus hidrofiliknya. (W. Liu dkk. 2011)

Tabel 2.9 Karakteristik Surfaktan *Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate* (SDS) (W. Liu dkk. 2011)

No	Karakteristik	Nilai
1	Rumus Molekul	$\text{C}_{18}\text{H}_{29}\text{SO}_3\text{Na}$
2	Wujud	Berbentuk butiran, bubuk warna putih hingga kuning
3	Berat molekul	348 g/mol
4	Titik Leleh	$>300\text{ }^\circ\text{C}$
5	<i>Specific Gravity</i>	0.53 g/cm^3
6	Kelarutan dalam air (20-25 $^\circ\text{C}$)	800.000 ug/L
7	pH	7-10.5

- Surfaktan kationik yaitu surfaktan yang bagian hidrofiliknya bermuatan positif. Yang termasuk dalam surfaktan kationik, misalnya garam alkil trimetil ammonium $\text{RN}^+(\text{CH}_3)_3$; garam alkil trimetil benzil ammonium $\text{RN}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$.

3. Surfaktan nonionik yaitu surfaktan yang bagian hidrofiliknya tidak bermuatan. Yang termasuk surfaktan nonionik, misalnya asil dietanolamida, $RCON(C_2H_4OH)_2$; *etoxylated fatty alcohol*, $R(OC_2H_4)_nOH$.
4. Surfaktan amfoter yaitu surfaktan yang bagian hidrofiliknya bermuatan positif dan negatif. Yang termasuk surfaktan amfoter, misalnya alkil amino propionat, $RNH_2^+(CH_2)_2COO^-$; alkil betain, $RN^+(CH_3)_2CH_2COO^-$ (Hu and Chou 2015).

Surfaktan memiliki beberapa fungsi diantaranya yaitu :

- Menurunkan tegangan permukaan
- Meningkatkan kelarutan suatu zat
- Sebagai pembasah
- Sebagai emulgator
- Sebagai foaming – antifoaming agent

Surfaktan yang digunakan pada pemisahan menggunakan Hot Water Process pada Asbuton ialah surfaktan jenis anionik.

c. *Sealing agent*

Penambahan sealing agent berfungsi untuk mencegah bitumen yang telah terpisah dari mineralnya tidak akan kembali berikatan. Selain itu fungsi sealing agent sebagai pengaktif surfaktan alami pada Asbuton. Sealing agent yang digunakan untuk pemisahan asbuton pada umumnya bersifat alkali. Zhibing dkk (2014) menjelaskan mekanisme larutan alkali mengekstrak bitumen dalam *oil sand* dapat dijelaskan sebagai berikut : Senyawa *alkaline* dalam proses ekstraksi (sebagai contoh *sodium karbonat*) bereaksi dengan *naphthenic acid*, *aliphatic acid* atau larutan asam yang lain untuk membentuk surfaktan (misalnya *sodium aliphataate*), sesuai dengan persamaan reaksi :



Menurut Bakhtiari (2015), Surfaktan alami pada asbuton akan aktif pada $pH > 10$. Beberapa contoh *sealing agent* yang cocok untuk pemisahan bitumen adalah *Sodium Hidroksida*, *Sodium Tripolyphospate*, *Sodium Silicate*, dan *Sodium Carbonate*.

1. *Natrium Hidroksida* (NaOH)

Natrium Hidroksida (NaOH) yang sering juga disebut soda kaustik merupakan senyawa anorganik yang tergolong dalam basa (alkali) kuat memiliki pH (11-12). Dalam proses pemisahan bitumen, *Natrium Hidroksida* (NaOH) berfungsi sebagai *sealing agent* bitumen agar tidak terikat kembali dengan mineral (Bakhtiari, 2015).

2. *Natrium Karbonat* (Na₂CO₃)

Natrium karbonat merupakan garam natrium dari asam karbonat yang mudah larut dalam air. Peranan natrium karbonat dalam pemisahan bitumen adalah sebagai peningkat sifat hidrofobisitas dari permukaan bitumen. (Liu dkk, 2011)

3. *Natrium Silika* (Na₂SiO₃)

Natrium silikat atau kaca alkali silikat merupakan kristal putih yang larut dalam air menghasilkan larutan alkali. Penggunaan natrium silikat dalam industri antara lain sebagai bahan baku pembuatan tinta silika gel, bahan aditif dalam pembuatan semen khusus, serta sebagai bahan campuran pada pembuatan detergen dan sabun cair. Selain itu, natrium silikat juga dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi, katalis dan koagulan dalam pengolahan air limbah. Pada proses pemisahan bitumen natrium silika berfungsi sebagai depresant calcite yang merupakan mineral dari asbuton, sehingga mineral akan terpisah dari bitumen pada pemisahan tiga fase. (Zhou dkk., 2005)

4. *Natrium Tripoliphospate* (Na₅P₃O₁₀)

Natrium tripoliphospate merupakan senyawa polipospat yang terbentuk dari natrium karbonat dengan asam sulfat. Natrium tripoliphospate dalam dunia industri digunakan sebagai bahan campuran detergen, bahan penyamakan kulit, bahan campuran pembuatan kertas, *anticorrosion*, tekstil, pembuatan karet, dan fermentasi. Pada proses pemisahan bitumen natrium tripoliphospate berfungsi sebagai pengontrol wettability. (Hupka, 2004)

2.3 Penelitian – Penelitian Bitumen yang Sudah Dilakukan

Berikut adalah beberapa penelitian yang berkaitan proses pengolahan asbuton dan *tar sands*

Tabel 2.10 Penelitian – Penelitian Bitumen yang Sudah Dilakukan

No.	Penulis	Percobaan	Hasil
1.	Clark, 1920	Pemisahan bitumen menggunakan <i>hot water</i> terhadap <i>Athabasca tar sands</i>	. Proses yang ditemukan ini dikenal sebagai “ <i>Clark hot water process</i> ”. Pemisahan bitumen dari tar sand menggunakan air dan pengadukan mekanis.
2.	Sepulveda, dkk, 1979	pemisahan bitumen dari <i>Utah Tar Sands</i> menggunakan <i>hot water</i> .	Bitumen diperoleh dari <i>utah tar sands</i> dengan cara <i>digestion</i> dan <i>flotation</i> .
3.	Nielsen, dkk, 1994	Mempelajari pengaruh temperatur dan tekanan pada distribusi ukuran partikel <i>asphalten</i> dalam minyak mentah yang dilarutkan dengan n-pentana. Penelitian dilakukan pada suhu 0 – 150 °C dan tekanan 0 – 6,5 MPa.	Hasilnya menunjukkan bahwa ukuran partikel <i>asphalten</i> bertambah dengan naiknya tekanan dan berkurang dengan naiknya suhu.
4.	Kumar, 1995	membuat usulan baru <i>flowsheet</i> untuk ekstraksi bitumen dengan <i>hot water</i> pada <i>Utah Tar Sands</i> . menggunakan <i>hot water</i> untuk mendapatkan <i>Recovery</i> bitumen dari <i>tar sands</i> .	<i>Hot water</i> dapat menurunkan viskositas bitumen dan membantu pelepasan bitumen dari <i>sand</i> saat terjadinya <i>high-shear force</i> yang diakibatkan oleh adanya pengadukan dan penambahan bahan kimia di dalam <i>digester</i>
5.	Suprpto dan Murachman, 1998	mempelajari tentang studi perpindahan massa aspal dari asbuton dengan menggunakan 3 macam pelarut, yaitu n-Heksan, Pertasol, <i>Trichloroethylene</i> (TCE).	Normal Hexan mampu mengambil aspal sebanyak 15,64 % dari batuan semulanya. Pertasol dapat mengambil aspal sebanyak 17,83 % dari batuan semulanya atau 84,39 % dari aspal awalnya. <i>Trichloroethylene</i> (TCE) mengambil aspal dari batuannya, yaitu sebesar 20,75 % dari batuan awalnya atau 98,11% dari aspal awalnya.

6.	Dwinurwulan dan Diana,2009	Ekstraksi asbuton dengan menggunakan pelarut kerosin yang dicampurkan ke dalam asbuton dalam tangki <i>leaching</i> .	Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi bitumen dalam kerosin dan <i>yield</i> mengalami kenaikan untuk ukuran partikel dari -8+18 mesh ke -18+20 mesh, akan tetapi turun untuk ukuran partikel dari -18+20 mesh ke -20+30 mesh.
7.	Qomary dan Dewi,2012	Pemisahan bitumen dari asbuton dengan metode <i>hot water</i> proses. Proses ekstraksi dilakukan dalam sebuah tangki berpengaduk. larutan NaOH	Terbentuk 3 lapisan yaitu lapisan paling atas terdiri dari larutan bitumen (kerosin dan bitumen), lapisan tengah terdiri dari air dan mineral murni yang terpisah, dan lapisan paling bawah terdiri dari padatan asbuton yang tidak terekstrak, kerosin, dan sedikit air. Dari hasil eksperimen diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar ratio asbuton dan larutan NaOH maka perolehan <i>yield</i> semakin meningkat.
8.	Shidiq dan Ramadhani,2013	Pemisahan bitumen dari asbuton dengan menggunakan air panas (<i>hot water</i>) dan penambahan surfaktan (<i>fatty acyd</i>) dengan kerosin sebagai pelarut.	Persen recovery yang diperoleh yaitu 80,80 % dengan perbandingan asbuton dan kerosin yaitu 50% : 50%.
9.	Rohman dan Syukra, 2014	Pemisahan bitumen dari Asbuton dalam media air panas dengan penambahan solar sebagai <i>penetrating agent</i> dan <i>chemical additives</i> berupa NaOH dalam media air panas.	Persen <i>Recovery</i> yang diperoleh 85,33 % dengan perbandingan solar asbuton 50% : 50%.
10.	Abid dan Wahyudi, 2014	Pemisahan bitumen dari Asbuton dalam media air panas dengan penambahan solar sebagai <i>penetrating agent</i> dan <i>chemical additives</i> surfaktan Wetrol 124 serta NaOH dalam media air panas.	Persen <i>Recovery</i> yang diperoleh 89,17 % dengan perbandingan solar asbuton 60% : 40%.
11.	Yuda dan Septiawan,2015	melakukan studi pemisahan pemisahan bitumen dari Asbuton dalam media air panas dengan penambahan solar sebagai <i>penetrating agent</i> dan <i>chemical additives</i> yang berupa surfaktan	Persen <i>Recovery</i> yang diperoleh 86,29 % dengan perbandingan solar asbuton 60% : 40%, konsentrasi surfaktan SLS 0,05%, dan konsentrasi NaOH 0,05%.

		SLS serta NaOH dalam media air panas.	
12.	Ahmed dan Afan,2015	melakukan studi pemisahan pemisahan bitumen dari Asbuton dalam media air panas dengan penambahan solar sebagai <i>penetrating agent</i> dan <i>chemical additives</i> yang berupa surfaktan SLS serta NaOH dalam media air panas.	Persen <i>Recovery</i> yang diperoleh 92 % dengan perbandingan solar asbuton 60% : 40%, konsentrasi surfaktan SLS 0,5%, dan konsentrasi NaOH 1%.
13	Gissa dan Yosi,2016	Melakukan studi pemisahan bitumen dari Asbuton dalam media air panas dengan penambahan solar, surfaktan anionik, dan NaOH	Persen <i>Recovery</i> yang diperoleh 97 % dengan perbandingan solar-asbuton 60% : 40%, konsentrasi surfaktan LAS 1,5%, dan konsentrasi NaOH 1%.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

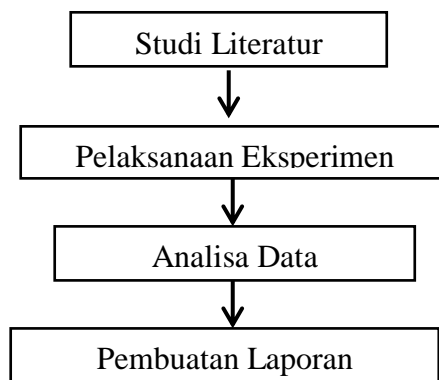
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Garis Besar Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan proses pemisahan bitumen dari Asbuton dilakukan secara eksperimen di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, Teknik Kimia, ITS. Bahan baku yang digunakan adalah Asbuton dari Kabungka, Sulawesi Tenggara. Dalam penelitian ini dilakukan proses pemisahan bitumen dari Asbuton, dimana Asbuton sebagai bahan baku yang mengandung bitumen akan dipisahkan dengan media air panas menggunakan solar sebagai *diluent* dan penambahan larutan surfaktan serta *sealing agent*. Surfaktan yang digunakan adalah *Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (SDS)*. Sedangkan *sealing agent* yang digunakan sebagai variabel adalah NaOH, Na₂CO₃, Na₂SiO₃ dan Na₅P₃O₁₀.

Berikut ini tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian ini :



Gambar 3.1 Langkah-langkah Penelitian

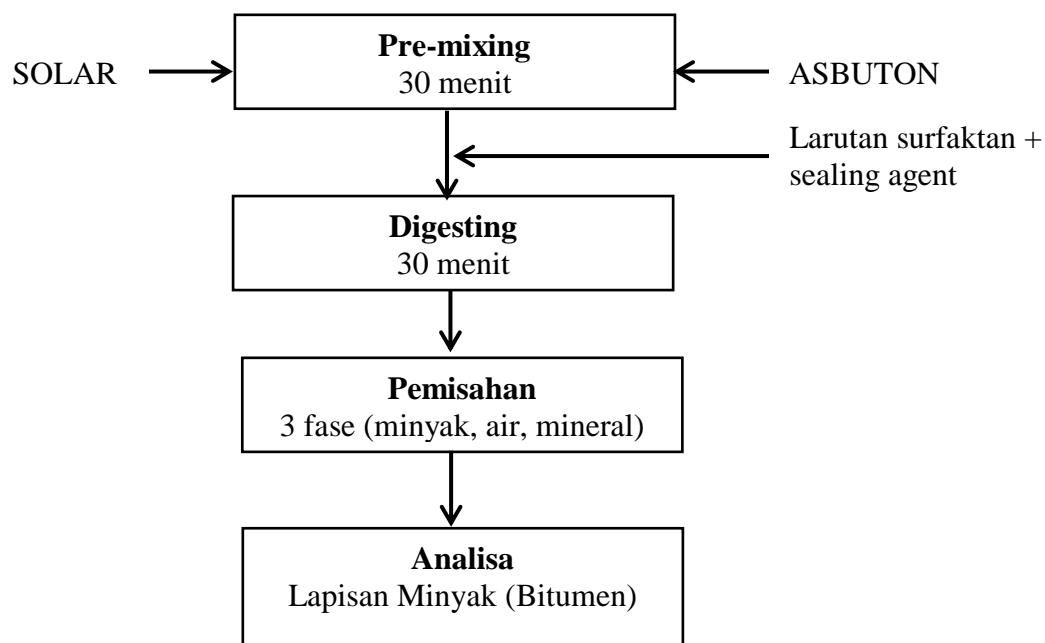
Pada **Gambar 3.1** ditunjukkan bahwa untuk mencapai tujuan penelitian maka dilakukan empat tahapan penelitian yaitu studi literatur, eksperimen, analisa data dan penulisan laporan. Studi literatur yang dilakukan adalah untuk mempelajari peranan surfaktan dan *sealing agent* terhadap pemisahan bitumen serta untuk mengumpulkan informasi tentang proses pemisahan bitumen dan aspek teknis atau parameter yang mempengaruhinya. Tahapan eksperimen pada penelitian ini dibagi menjadi empat tahapan proses, yaitu *pre-treatment*, *pre-mixing*, *digesting process*, dan pemisahan larutan bitumen dan mineral. Pada tahap *pre-treatment* dilakukan proses *size reduction* bahan baku bertujuan agar bahan baku memiliki

ukuran yang seragam. Proses selanjutnya adalah *pre-mixing* yang bertujuan untuk mencampurkan *diluent* dan bahan baku Asbuton agar homogen. *Digesting process* bertujuan untuk melakukan proses pemisahan bitumen dari mineral. Proses terakhir adalah pemisahan larutan bitumen dan mineral yang dilakukan dalam tangki pemisah 3 fase (*three phase separator*).

Tahapan penelitian yang selanjutnya ialah dilakukan analisis data yaitu meliputi analisis kadar bitumen, viskositas, surface tension dan persen *recovery*. Selanjutnya tahapan akhir penelitian adalah penulisan laporan akhir.

3.2 Langkah - Langkah Pelaksanaan Eksperimen

Langkah-langkah pelaksanaan eksperimen dilaksanakan sesuai tahapan-tahapan berikut ini :



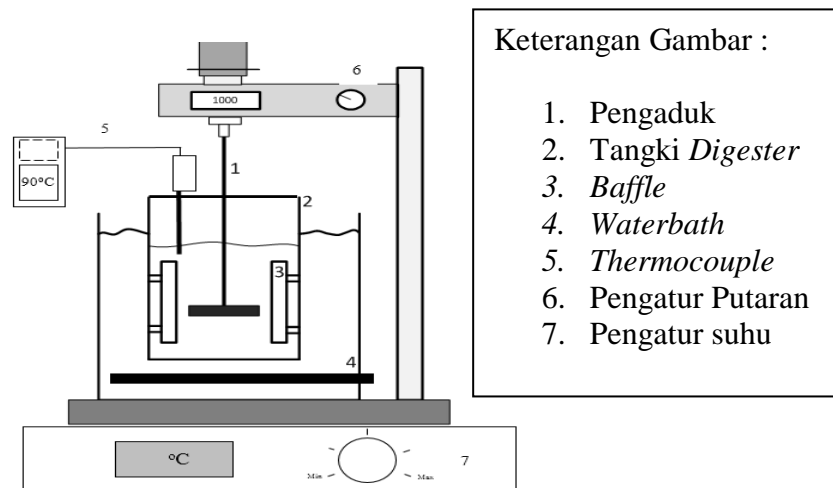
Gambar 3.2 Flowchart Proses Digesting dan Analisis Data

3.2.1 Tahap Pre-Treatment Asbuton

Tujuan dari pre-treatment Asbuton sebagai bahan baku adalah untuk menyeragamkan diameter partikel Asbuton dengan cara memperkecil ukuran partikel Asbuton menggunakan *crusher/hammer* kemudian diayak untuk mendapatkan ukuran partikel 20-30 mesh.

3.2.2 Tahap Pre-mixing

Tahapan pre-mixing dilakukan untuk mencampurkan penetrating agent (solar) dan bahan baku Asbuton agar homogen. Tahapan ini dimulai dengan menimbang asbuton sebanyak 200 gram kemudian ditambahkan solar dengan perbandingan persen massa antara solar terhadap campuran total sebesar 60%. Langkah selanjutnya asbuton dan solar yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam tangki *digester*. Tangki *digester* yang digunakan memiliki diameter 10,8 cm dan tinggi 20 cm, tangki dilengkapi dengan empat buah *baffle* dengan ukuran tinggi 13 cm dan lebar baffle 1,1 cm untuk mengurangi terjadinya *vortex*. Tangki *digester* ini juga dilengkapi dengan sistem pengaduk menggunakan *impeller* jenis *disk turbine* dengan ukuran diameter 6 cm. Sistem pengaduk dilengkapi dengan pengatur kecepatan putaran. Pada bagian luar tangki terdapat *waterbath* yang dilengkapi dengan pengatur temperatur berfungsi sebagai media pemanas. Proses pre-mixing campuran asbuton dan solar dilakukan pada kondisi 750 rpm, dengan temperatur sesuai variabel percobaan selama 30 menit. Peralatan proses pre-mixing ditunjukkan seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian peralatan *Pre-mixing* dan *Digesting*

3.2.3 Tahap Digesting

Proses digesting dilakukan pada tangki yang sama (gambar 3.3). Pada proses ini dilakukan penambahan *wetting agent* (campuran larutan surfaktan SDS dan larutan *sealing agent*) dan penambahan air. Penambahan larutan *wetting agent* bertujuan mendapatkan efek *chemical force* pada proses *digesting*. Jumlah kadar

larutan surfaktan SDS dan *sealing agent* divariasi sesuai dengan variable percobaan. Air pada proses ini berfungsi sebagai media surfaktan untuk bekerja untuk melepaskan bitumen dari mineral. Surfaktan memiliki gugus hidrofob yang akan berikatan dengan bitumen dan gugus hidrofil yang akan berikatan dengan air sehingga dapat menyebabkan bitumen yang menempel pada mineral akan terambil oleh air. Proses *digesting* dilakukan pada kecepatan putaran pengaduk 1500 rpm selama 30 menit.

Setelah proses *digesting* selesai, campuran Asbuton dipindahkan ke dalam *beaker glass* kemudian ditambahkan air sebanyak 1 Liter dan didiamkan hingga terbentuk tiga lapisan. Lapisan atas yang berupa campuran bitumen–solar dipisahkan menggunakan corong pemisah. Bitumen yang telah terpisah kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman No.41 dengan bantuan waterjet pump. Larutan hasil penyaringan dianalisis berat dan densitasnya untuk mengetahui persen *recovery* bitumennya. Kemudian langkah selanjutnya ialah mengulang sesuai prosedur di atas untuk setiap variabel penelitian.

3.2.4 Tahap Analisis Kadar Bitumen

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan kadar bitumen awal Asbuton, membuat kurva kalibrasi untuk penentuan kadar bitumen dalam larutan.

a. Analisis Kadar Bitumen Awal

Kadar bitumen awal Asbuton ditentukan menggunakan metode ekstraksi menggunakan soklet. Ekstraksi menggunakan soklet merupakan metode untuk mengambil suatu senyawa dengan menggunakan uap pelarut sehingga dapat mengambil senyawa tersebut dari pdatannya lebih maksimal. Pada umumnya senyawa yang digunakan pada ekstraksi soklet memiliki kelarutan sebagian dalam pelarutnya, namun karena ekstraksi soklet menggunakan uap jenuh dan dilakukan berulang-ulang sehingga senyawa tersebut akan larut seluruhnya. Penentuan kadar awal Asbuton dilakukan mengacu pada prosedur sesuai dengan standar SNI 03-3640-1994. Hasil dari ekstraksi soklet digunakan untuk menentukan kadar awal bitumen dalam Asbuton yang dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Kadar Bitumen} = \frac{\text{Massa Bitumen Terekstrak}}{\text{Massa Asbuton}} \times 100\%$$

b. Pembuatan Kurva Larutan Bitumen dalam Solar (Kurva Kalibrasi)

Kurva kalibrasi dalam bentuk hubungan $1/\rho$ terhadap konsentrasi bitumen dalam larutan digunakan untuk menentukan kadar bitumen dalam larutan hasil proses digesting. Bitumen murni yang diperoleh dari proses ekstraksi soklet dilarutkan di dalam solar dengan komposisi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% dan 50% berat. Larutan diukur densitasnya dengan menggunakan piknometer. Hasil pengukuran tersebut kemudian diplotkan antara $1/\rho$ terhadap konsentrasi bitumen dalam larutan.

c. Analisis Kadar Bitumen dari Hasil Penelitian

Kadar Bitumen dalam larutan hasil proses digesting ditentukan menggunakan bantuan kurva kalibrasi. larutan hasil proses digesting yang telah dipisahkan dari mineral sisa diukur massa dan densitasnya. Berdasarkan densitas larutan yang diperoleh, maka konsentrasi bitumen dapat ditentukan menggunakan kurva kalibrasi. Massa bitumen yang terpisah ditentukan berdasarkan data massa dan konsentrasi bitumen hasil pengukuran dengan persamaan :

$$\text{Massa bitumen terpisah} = \text{Massa Lapisan Atas} \times \% \text{ Konsentrasi Bitumen}$$

d. Kadar Bitumen Data Penelitian

Analisis data dilakukan untuk mengetahui persen *recovery* bitumen yang diperoleh. Persen *recovery* didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah bitumen yang terpisah terhadap bitumen awal yang terkandung dalam Asbuton.yang dinyatakan dalam persen Persen *recovery* dihitung dengan hubungan sebagai berikut :

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Massa Bitumen terpisah}}{\text{Massa Bitumen Awal}} \times 100\%$$

3.2.5. Analisa Interfacial Tension

Mekanisme proses pemisahan bitumen dari Asbuton menggunakan media air panas dipengaruhi oleh interfacial surface tension larutan bitumen dengan campuran larutan wetting agent. Analisa Interfacial surface tension bertujuan untuk mengukur tegangan permukaan antara bitumen dengan campuran larutan wetting agent. Analisa ini menggunakan alat interfacial surface tension TX-500D. TX-500D menggunakan model pengolahan Spinning drop tensiometer berbasis riset dari USA KINO. Instrumen ini dapat digunakan untuk mengukur tegangan antarmuka ke 10^{-6} mN / m untuk analisis *interfacial tension* dinamis, *interface rheologi* dan viskositas (metode drop berosilasi), dan elastisitas permukaan.

3.3 Bahan Yang Digunakan

1. Asbuton dari daerah Kabungka
2. Surfaktan Sodium Dodecil Benzene Sulfonat
3. Natrium Hidroksida (NaOH)
4. Natrium Karbonat (Na_2CO_3)
5. Natrium Silikat (Na_2SiO_3)
6. Natrium Tripoliphospate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)
7. Solar
8. Trichloroethylene /TCE (TCI_4)

3.4 Alat Yang Digunakan

3.4.1 Peralatan Proses Ekstraksi Bitumen Awal

1. Ekstraktor Soklet
2. Gelas ukur 10 ml
3. Kertas saring
4. *Erlenmeyer* 500 ml dan 1000 ml
5. Gelas arloji
6. Spatula
7. *Stopwatch*
8. Termometer

9. Pompa

3.4.2 Peralatan Proses Digesting

1. Tangki digesting dan perlengkapannya
2. Ayakan 20 mesh dan perlengkapannya
3. *Erlenmeyer* 500 ml
4. *Beaker glass* 1000 dan 2000 ml
5. Corong Pemisah
6. Neraca Analitik
7. Piknometer 10 ml
8. Termometer
9. Kertas saring Whatman No.41
10. Corong buchner
11. Pompa Vakum
12. Heater

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Kondisi yang ditetapkan

1. Jenis *impeller* = *disc turbine*
2. Kecepatan putar pengaduk = 750 rpm (pre-mixing) dan 1500 rpm (digesting)
3. Waktu Pengadukan = 30 menit
4. Rasio solar : asbuton = 60 : 40 (rasio massa)
5. Penambahan *wetting agent* (R_{wa}) = 25% terhadap campuran total (Solar-Asbuton- R_{wa})

3.5.2 Variabel Masukan

1. Konsentrasi Surfaktan anionic (% wt) = 0,125% ; 0,25% ; 0,375% dan 0,5% terhadap larutan total
2. Konsentrasi larutan sealing agent (% wt) terhadap larutan total :
 - a. Natrium Hidroksida (NaOH) = 0,125% ; 0,25% ; 0,375% dan 0,5%

- b. Natrium Karbonat (Na_2CO_3) = 0,25% ; 0,5% ; 0,75% dan 1%
- c. Natrium Silikat (Na_2SiO_3) = 0,125% ; 0,25% ; 0,375% dan 0,5%
- d. Natrium Tripolyphosphate ($\text{Na}_2\text{P}_5\text{O}_{10}$) = 0,125% ; 0,25% ; 0,375% dan 0,5%
- 3. Temperatur (T) = 60°C ; 70°C ; 80°C ; 90°C

3.5.3 Variabel Respon

1. Persen (%) recovery bitumen:

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Massa Bitumen Terpisah}}{\text{Massa Bitumen Awal}} \times 100\%$$

BAB 4

PEMBAHASAN

Proses pemisahan bitumen dari asbuton menggunakan media air panas terdiri dari tiga tahapan proses, yakni proses *mixing* dan *preheating*, pemasakan (*digesting*) dan proses pemurnian bitumen. Menurut penelitian Miller (1991), proses *digesting* dianggap lebih menentukan besarnya *Recovery* bitumen yang diperoleh, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variabel-variabel yang mempengaruhinya. Asbuton merupakan aspal alam dengan viskositas sebesar 15.4 Pa.s (Siswoshoebroto, 2005), dengan viskositas bitumen pada asbuton tersebut disesuaikan pada **tabel 2.7** dapat digolongkan dalam *Tar Sand* kelas II yakni 0.5-100 Pa.s yang membutuhkan *diluent* untuk meningkatkan *recovery* bitumen (Hupka, 1984). *Diluent* yang ditambahkan untuk menurunkan viskositas dari asbuton sehingga membantu efektivitas dari proses *digesting* (Miller, 1991). Penambahan *diluent* solar berfungsi sebagai agen pelunak atau *penetrating agent* dan penurun viskositas bitumen. Solar dipilih karena stuktur gugus fungsinya yang mirip dengan bitumen sehingga diharapkan mampu melarutkan bitumen yang terdapat pada asbuton, selain itu densitas solar yang ringan menyebabkan bitumen yang terlarut pada solar berada pada lapisan paling atas dalam proses pengendapan akan terbentuknya tiga lapisan sehingga lebih mudah dipisahkan dan dianalisa. Solar merupakan pelarut non polar sehingga bitumen yang juga non polar akan larut dalam solar.

Parameter penting lainnya untuk meningkatkan *recovery* bitumen adalah sifat permukaan (*Interfacial tension*). Modifikasi sifat permukaan dilakukan dengan penambahan surfaktan *Sodium Dodecylbenzene Sulfonate* (SDS), NaOH ataupun garam-garam alkali. Surfaktan SDS berfungsi sebagai *wetting agent* untuk menurunkan *interfacial tension* bitumen, surfaktan SDS dipilih karena memiliki nilai *Hidrophile Lipophile Balance* (HLB) yang kecil yaitu 28 dimana semakin kecil nilai HLB, surfaktan lebih bersifat hidrofob sehingga lebih baik mengikat bitumen. Penambahan *Sodium Hydroxide* (NaOH), *Sodium Silika* (Na_2SiO_3), *Sodium Carbonate* (Na_2CO_3), dan *Sodium Trypholiphospate* ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), berfungsi sebagai basa untuk mengaktifkan surfaktan alami dari

asbuton, serta sebagai pemisah antara mineral dan bitumen agar tidak kembali berikatan (Dai, 1996). Berdasarkan penelitian Bakhtiari (2006) bitumen akan terlepas dari mineralnya apabila berada pada kondisi pH basa atau rentan pH 8,5-11,5.

Pada proses pemisahan bitumen dari asbuton, solar dan asbuton mengalami tahapan *mixing* dan *preheating* menggunakan pengadukan 750 rpm selama 30 menit dengan tujuan mencampur solar dan asbuton, sehingga asbuton dapat mengalami penurunan viskositas, kemudian tahapan *digesting* dilakukan pada kecepatan pengadukan 1500 rpm selama 30 menit dengan tujuan mencampur solar-asbuton dengan surfaktan SDS dan Senyawa Alkalinya sehingga pemisahan bitumen mendapat hasil yang optimal.

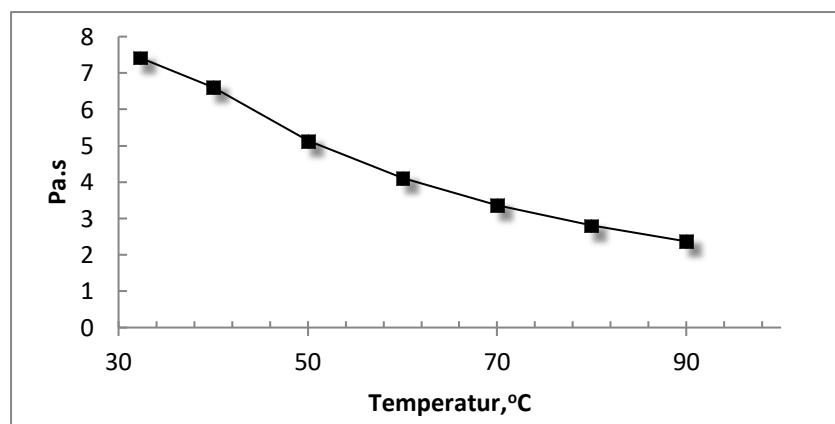
Kondisi yang ditetapkan pada penelitian ini adalah ukuran partikel asbuton yakni 30-40 mesh, jenis impeller *disc turbine*, kecepatan pengadukan, waktu pengadukan, rasio solar banding solar-asbuton sebesar 60%, dan rasio larutan surfaktan dan basa yang ditambahkan adalah 25%. Ukuran asbuton dipilih tidak lebih dari 40 mesh agar partikel asbuton tidak terlalu halus sehingga dapat dipisahkan dari bitumen pada saat proses pengendapan (Gissa, 2016). Sedangkan ukuran tersebut tidak lebih kecil dari 30 mesh agar pelepasan bitumen dari mineral dapat optimal. *Disc turbine* dipilih karena memiliki sudut sudu konstan, aliran pada arah radial dan tangensial menghasilkan turbulensi yang kuat sebagai *mechanical force* yang membantu pelepasan bitumen dari asbuton. Kecepatan pengadukan dipilih 1500 rpm karena pada asbuton yang memiliki bitumen dalam bentuk solid pemisahan bitumen yang terjadi cenderung didominasi oleh *mechanical forces* (Misra, 1982). Waktu pengadukan 30 menit merupakan waktu penetrasi agar diluent bekerja optimal dalam menurunkan viskositas. Rasio solar banding solar-asbuton sebesar 60% dipilih karena pada komposisi tersebut peranan solar sebagai *penetrating agent* mampu menurunkan viskositas bitumen secara optimal sehingga bitumen mudah lepas dari asbuton (Ahmed, 2015).

Variabel pada penelitian untuk pengembangan proses media air panas ini meliputi pengaruh temperatur yakni 60°C, 70°C, 80°C dan 90°C, konsentrasi surfaktan *Sodium Dodecylbenzene Sulfonat* (SDS), konsentrasi NaOH, *Sodium Silicate*, dan *Sodium Trypholiphospate* sebesar 0,125% ; 0,25% ; 0,375% dan

0,5% larutan total serta *Sodium Carbonate* sebesar 0,25% ; 0,5% ; 0,75% dan 1% larutan total terhadap *recovery* bitumen. Pada penelitian ini hasil dan pembahasan terbagi menjadi pengaruh temperatur, pengaruh surfaktan dan pengaruh sealing agent terhadap perolehan *recovery* bitumen.

4.1 Pengaruh Temperatur pada *Recovery* Bitumen

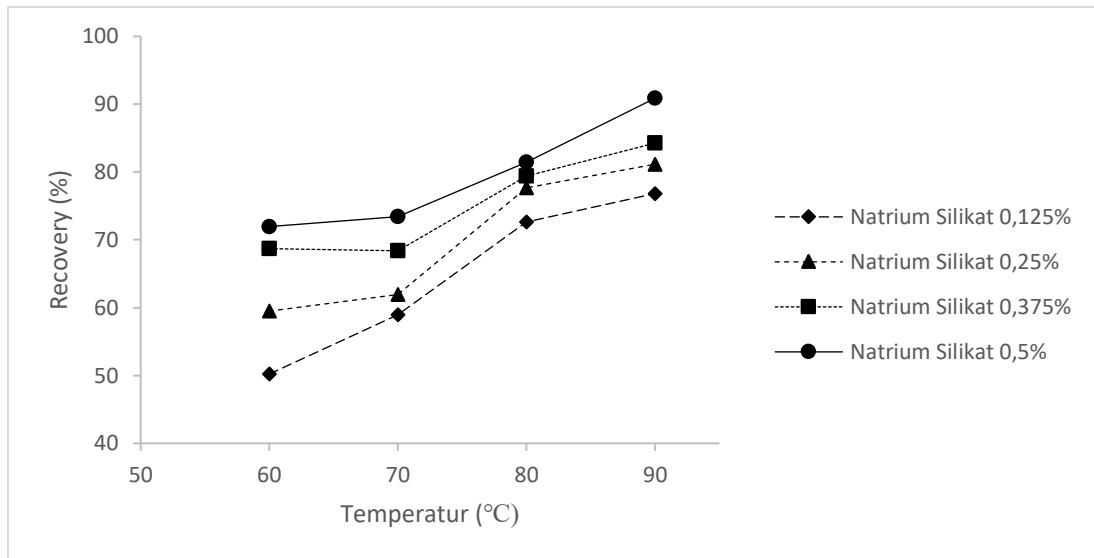
Pemilihan Variabel Temperatur pada penelitian ini berdasarkan Miller (1991) pemisahan bitumen akan meningkat dengan kenaikan suhu hingga 95°C. Hal ini didukung dengan pengukuran viskositas bitumen pada asbuton dilakukan dengan menggunakan viskometer, pada suhu 60-90°C. Sedangkan untuk pemisahan bitumen ini diperlukan viskositas yang rendah agar bitumen dapat terlepas dari mineralnya. Hasil pengukuran viskositas bitumen pada asbuton dilakukan dengan menggunakan viskometer, pada suhu 60-90°C. Hasil pada pengukuran tersebut adalah sebagai berikut.



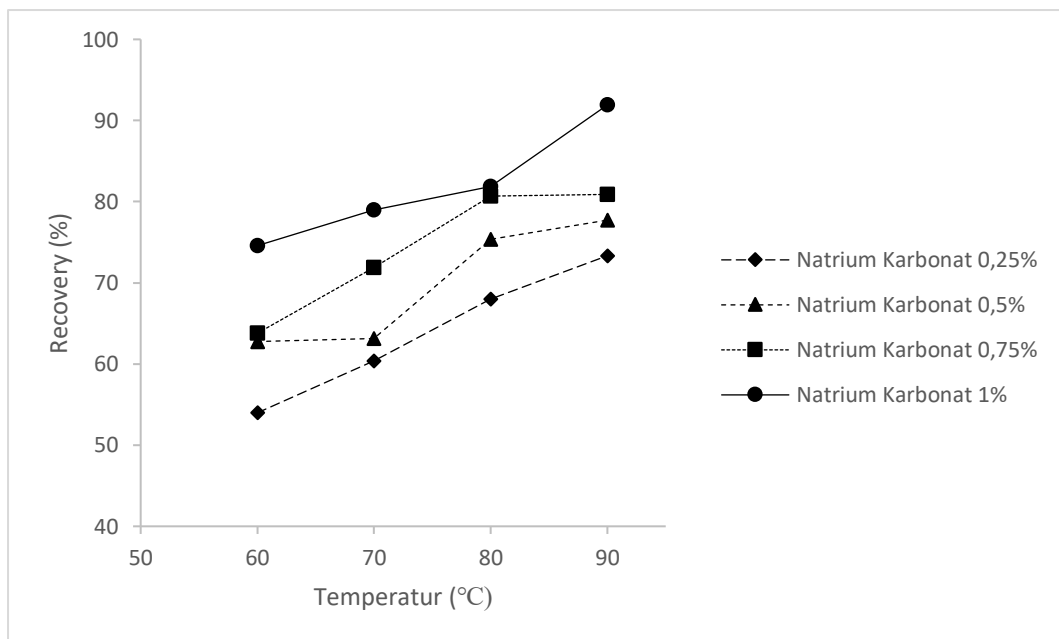
Gambar 4.1 Pengaruh temperatur terhadap viskositas larutan bitumen solar

Gambar 4.1 merupakan hasil pengukuran viskositas yang membuktikan bahwa pada bitumen dari Asbuton mengalami penurunan viskositas seiring meningkatnya temperatur. Apabila viskositas semakin rendah akan menyebabkan bitumen lebih mudah larut dalam solar dan terpisah dari mineralnya. Hal tersebut diharapkan dapat mendukung pemisahan bitumen dari mineralnya.

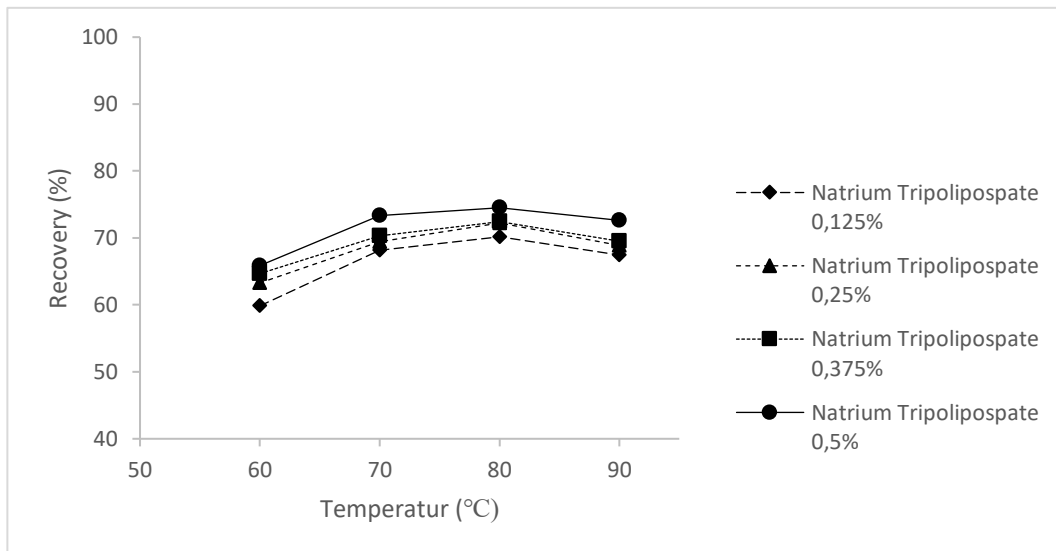
Pengaruh temperatur terhadap perolehan *Recovery* bitumen pada ke empat variabel alkali yakni Natrium Silikat, Natrium Karbonat, Natrium Tripolipospate dan NaOH ditunjukkan pada **Gambar 4.2-4.5**



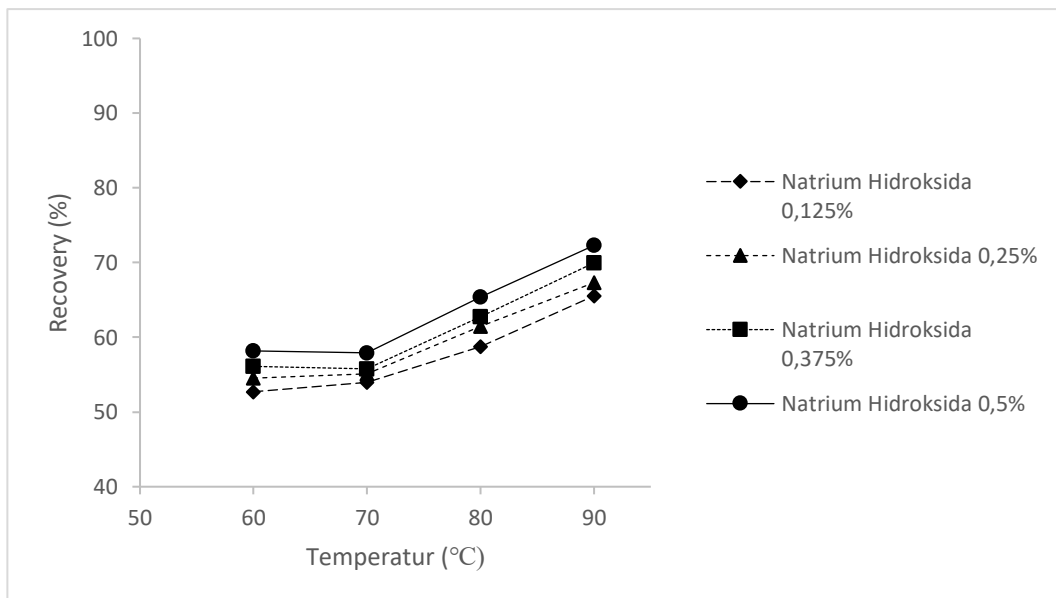
Gambar 4.2 Pengaruh temperatur terhadap *Recovery* bitumen pada konsentrasi surfaktan SDS 0.375% pada berbagai macam variasi konsentrasi Na₂SiO₃.



Gambar 4.3 Pengaruh temperatur terhadap % *Recovery* bitumen pada konsentrasi surfaktan SDS 0.375% pada berbagai macam variasi konsentrasi Na₂CO₃.



Gambar 4.4 Pengaruh temperatur terhadap *Recovery* bitumen pada konsentrasi surfaktan SDS 0.125% pada berbagai macam variasi konsentrasi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$



Gambar 4.5 Pengaruh temperatur terhadap *Recovery* bitumen pada konsentrasi surfaktan SDS 0.125% pada berbagai macam variasi konsentrasi NaOH

Dari data Lampiran H hingga K, pada tiap variable penelitian. **Gambar 4.2 , 4.3, 4.4 dan 4.5** (variabel natrium silikat, natrium karbonat, natrium tripolipospate dan natrium hidroksida) menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka % *Recovery* bitumen yang diperoleh semakin tinggi (memiliki kecenderungan untuk

meningkat). Hal tersebut disebabkan karena semakin tinggi temperatur yang digunakan pada media air panas maka viskositas semakin turun (**Gambar 4.1**) dan ukuran partikel semakin kecil oleh pemanasan sehingga kinerja surfaktan menjadi optimal, dengan proses pengadukan (*mechanical force*) menyebabkan bitumen lebih mudah terlepas dari mineral (Miller,1991).

Pada variabel campuran SDS dan natrium tripoliospate (**Gambar 4.4**), temperatur 60°C sampai dengan 80°C persentase *recovery* bitumen yang diperoleh semakin tinggi, namun pada temperatur 90°C persentase *recovery* mengalami penurunan. Karakteristik surfaktan SDS dengan campuran $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ menunjukkan bahwa campuran larutan tersebut tidak dapat bekerja dengan baik pada temperatur 90°C. Surfaktan SDS dan $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ memiliki batas performa yaitu pada temperatur 95°C kinerja dari surfaktan ini akan mengalami penurunan apabila dipanaskan terlalu lama (J. Long, 2005). Hal ini yang menyebabkan % *recovery* pada temperatur 90°C cenderung mengalami penurunan, karena pada kondisi tersebut surfaktan SDS dipanaskan cukup lama yaitu 30 menit dan dipanaskan mendekati temperatur maksimal yang dapat digunakan. Sedangkan pada variabel SDS- Na_2CO_3 , SDS- Na_2SiO_3 , dan SDS- NaOH mengalami peningkatan pada temperatur 60 hingga 90 sesuai dengan penurunan viskositas pada **gambar 4.1**.

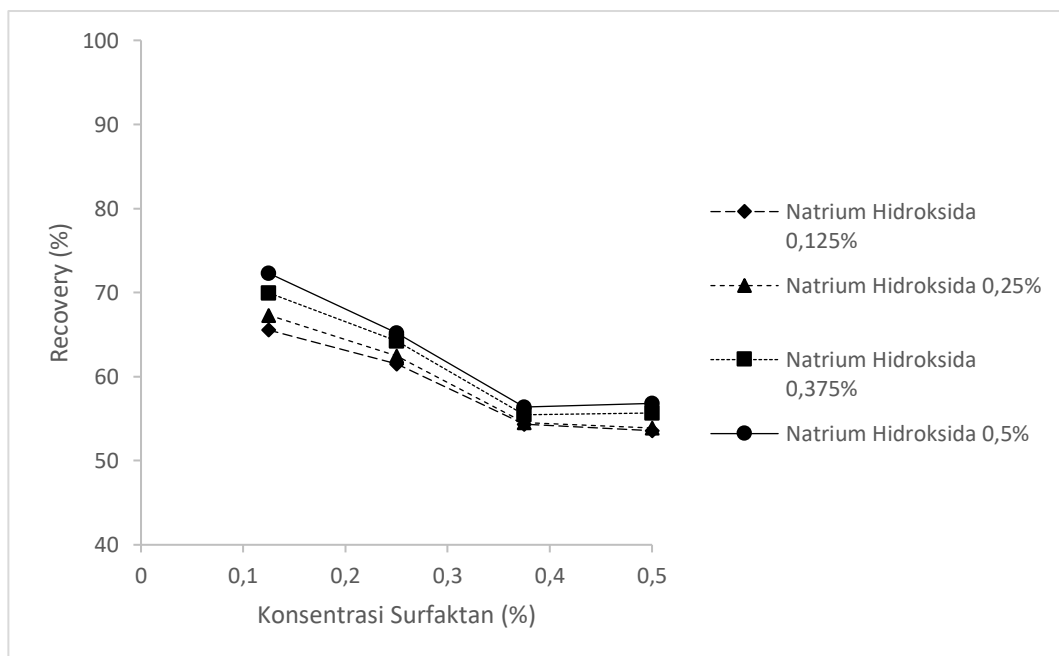
4.2 Pengaruh Surfaktan pada *Recovery* Bitumen

Konsentrasi surfaktan berpengaruh pada perubahan *recovery* bitumen karena surfaktan mempengaruhi sifat permukaan (*Interfacial tension*) pada bitumen. *Interfacial tension* merupakan salah satu parameter yang penting bagi pemisahan bitumen dari mineral.

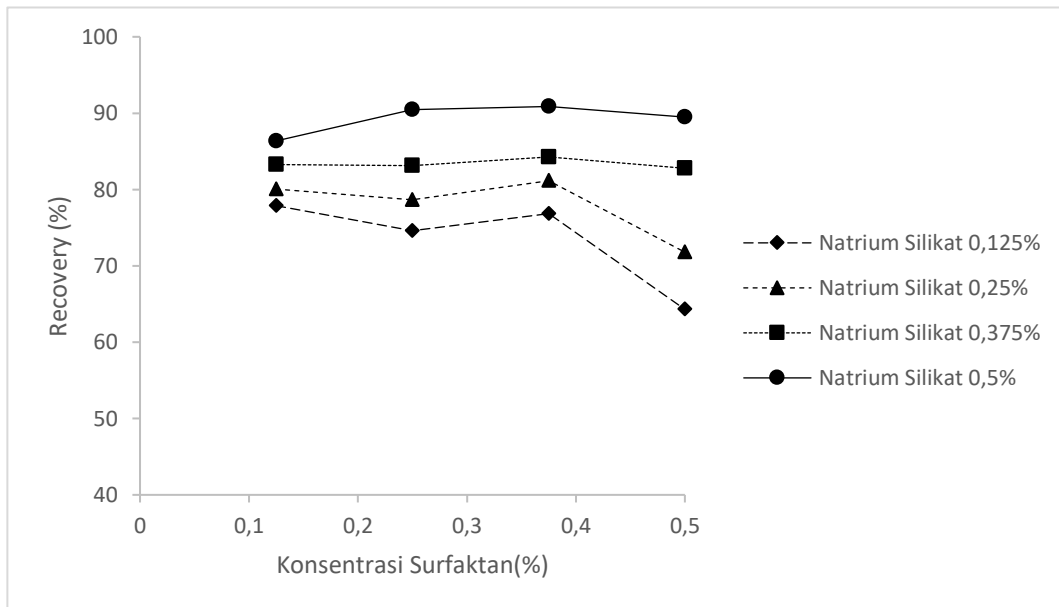
Penggunaan Surfaktan bertujuan untuk mengubah sifat permukaan untuk memodifikasi sifat aspal sehingga pelepasan bitumen menjadi lebih efektif. Surfaktan SDS akan terabsorb pada permukaan bitumen-air setelah pencampuran pada tahap 2 dengan pengadukan 1500 rpm, sehingga menurunkan *interfacial tension* antara bitumen-air dengan mematahkan ikatan–ikatan hidrogen pada permukaan bitumen, hal tersebut karena surfaktan SDS memiliki gugus hidrofilik berupa rantai alkil dan hidrofobik berupa gugus sulfonat (SO_3^-). Bitumen

merupakan senyawa non-polar sehingga diikat gugus hidrofobik surfaktan dan gugus hidrofiliknya mengikat air, ketika konsentrasi surfaktan SDS ditambahkan maka surfaktan SDS akan membentuk *micelle* dengan gugus hidrofobik yang mengikat mengelilingi bitumen pada bagian dalam (Liu,2011).

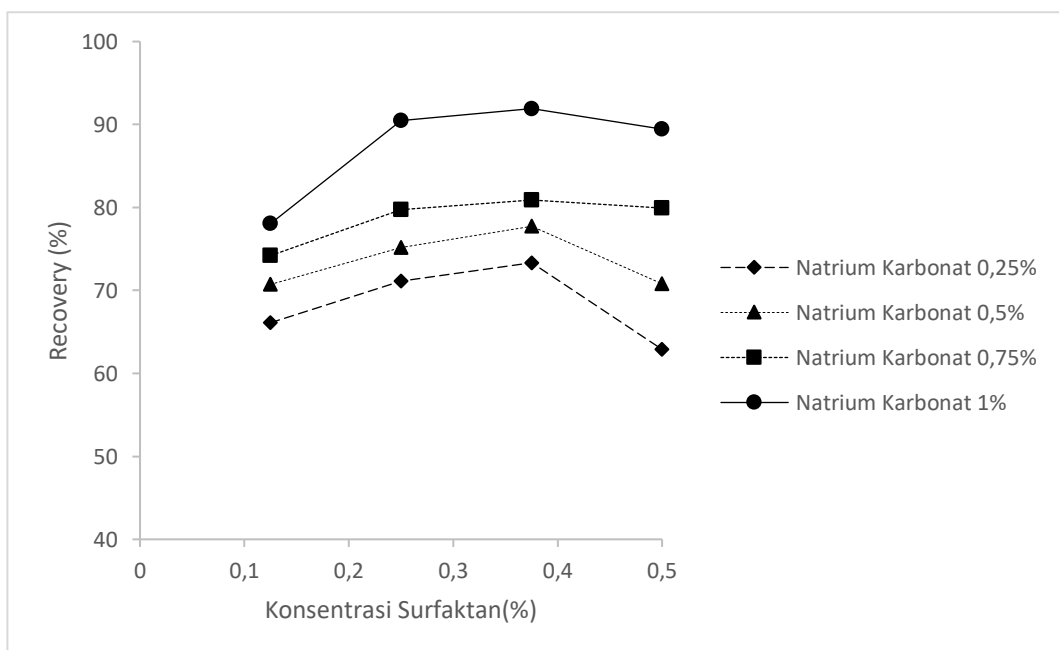
Berdasarkan penelitian Liu dkk (2011), penambahan surfaktan SDS pada kondisi basa lebih efektif menurunkan sudut kontak antara bitumen dan mineral. Surfaktan SDS merupakan surfaktan anionik, pemilihan surfaktan anionik didasarkan pemisahan bitumen efektif pada kondisi basa ($\text{pH} > 10$) yang akan menyebabkan permukaan mineral terhidrolisis dan mengalami deprotonisasi oleh karena itu menjadi bermuatan negatif, hal ini dapat membantu pelepasan bitumen dengan meningkatkan kekuatan tolakan elektrostatis antara bitumen dan mineral (Bakhtiari,2015). Komponen – komponen organik di dalam bitumen seperti asam naphatik dan asam alifatik bereaksi dengan senyawa alkali membentuk surfaktan yang bersifat anionik namun memiliki jumlah yang sedikit sehingga perlu ditambahkan surfaktan anionik yang sesuai dengan jenis surfaktan dalam bitumen (Zhibing,2014).



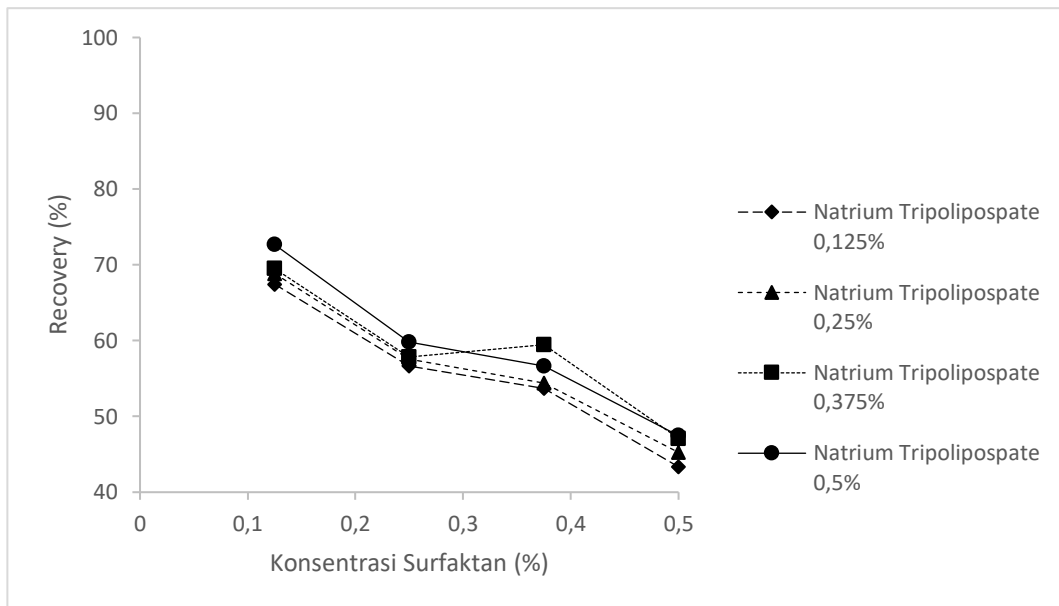
Gambar 4.6 Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap *recovery* bitumen pada Temperatur Operasi 90°C dan berbagai konsentrasi NaOH



Gambar 4.7 Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap % *recovery* bitumen pada Temperatur Operasi 90°C dan berbagai konsentrasi Na_2SiO_3



Gambar 4.8 Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap % *recovery* bitumen pada Temperatur Operasi 90°C dan berbagai konsentrasi Na_2CO_3

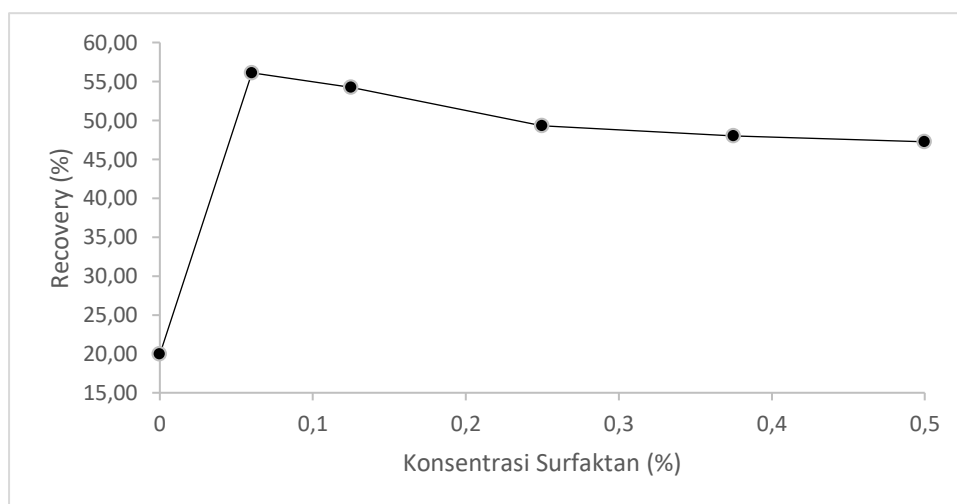


Gambar 4.9 Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap % *recovery* bitumen pada Temperatur Operasi 90°C dan berbagai konsentrasi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$

Pada **Gambar 4.6**, **Gambar 4.7**, **Gambar 4.8** dan **Gambar 4.9** memiliki pola yang sama yakni menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi surfaktan SDS mengalami penurunan *recovery* pada setiap kenaikan konsentrasinya. Surfaktan dapat mempengaruhi *recovery* karena surfaktan yang berfungsi sebagai wetting agent berpengaruh menurunkan *interfacial tension* yang terjadi antara lapisan bitumen-solar dengan lapisan mineral (Liu, 2011). Hal ini menyebabkan lapisan bitumen-solar bergerak ke atas dan lapisan mineral turun ke bawah akibat adanya perbedaan densitas diantara keduanya, kejadian ini disebut dengan *gravity separation*. *Sodium Dodecyl benzene Sulfonat* dipilih karena meminimalisir terjadinya emulsi antara lapisan bitumen-solar dengan air dan mampu mengikat lapisan mineral (Audibert-Hayet, 2006) sehingga pemisahan antara lapisan bitumen-solar dan mineral bisa terjadi secara sempurna. Namun konsentrasi surfaktan SDS yang terlalu besar dapat menyebabkan lapisan bawah yang mengandung mineral juga turun viskositasnya sehingga sebagian lapisan mineral terikut bersama lapisan bitumen-solar. Lapisan mineral yang terikut ke atas ini sulit dipisahkan karena membentuk emulsi dengan lapisan bitumen-solar.

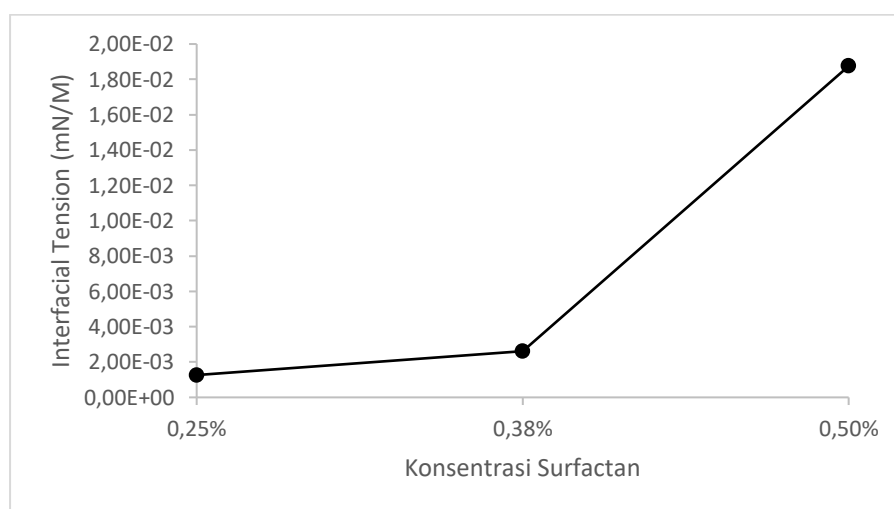
Fenomena ini dapat menyebabkan turunnya *recovery*. Hal ini sesuai dengan penelitian Misra (1991) yang menyatakan bahwa pada penambahan kaustik dalam jumlah besar, yang juga berfungsi sebagai wetting agent, cenderung menyebabkan molekul pasir menjadi terdispersi dan akhirnya beremulsi dengan lapisan bitumen sehingga sulit dipisahkan dengan flotasi. Hal ini bisa menyebabkan dua hal, pertama mineral terikut bersama lapisan atas (campuran bitumen-solar) dengan membentuk lapisan bitumen-solar-mineral yang beremulsi, atau yang kedua, sebagian lapisan atas (solar-bitumen) terikut bersama mineral di lapisan bawah. Selain itu penurunan *recovery* disebabkan peningkatan *interfacial tension* akibat penambahan konsentrasi surfaktan yang terlalu tinggi sehingga melewati titik CMC(*Critical Micelle Concentration*)-nya (**Gambar 2.7**). Ketika titik CMC terbentuk terjadi emulsi pada larutan sehingga bitumen dan air serta mineral akan sulit dipisahkan karena antar-muka pada bitumen-air menjadi jenuh akibat adanya *micelle*. Mineral murni yang terpisah sebagai hasil dari proses ekstraksi ini akan berada di lapisan bagian tengah (*middle layer*).

Untuk membuktikan bahwa tingginya konsentrasi SDS mempengaruhi penurunan *recovery* bitumen maka dilakukan percobaan dengan larutan blanko SDS tanpa penambahan *sealing agent* (NaOH, Na₂SiO₃, Na₂CO₃ dan Na₅P₃O₁₀). Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :



Gambar 4.10 Pengaruh konsentrasi surfaktan SDS terhadap *recovery* bitumen tanpa penambahan *sealing agent* pada suhu 90°C

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa penambahan SDS akan mengakibatkan penurunan *recovery* bitumen. Penambahan SDS memiliki pengaruh untuk meningkatkan *recovery*, namun apabila konsentrasi surfaktan telah melewati titik CMC(*Critical Micelle Concentration*) kinerja surfaktan akan menurun yang mengakibatkan *recovery* bitumen ikut menurun. Titik CMC pada surfaktan SDS ini berada diantara 0-0,06%. Penambahan surfaktan yang terlalu banyak akan menyebabkan kejenuhan pada larutan. Untuk mengkonfirmasi kinerja pada surfaktan dilakukan uji interfacial tension. Seluruh hasil dari analisa interfacial tension tercantum pada Lampiran M, dan untuk surfaktan diperoleh grafik :



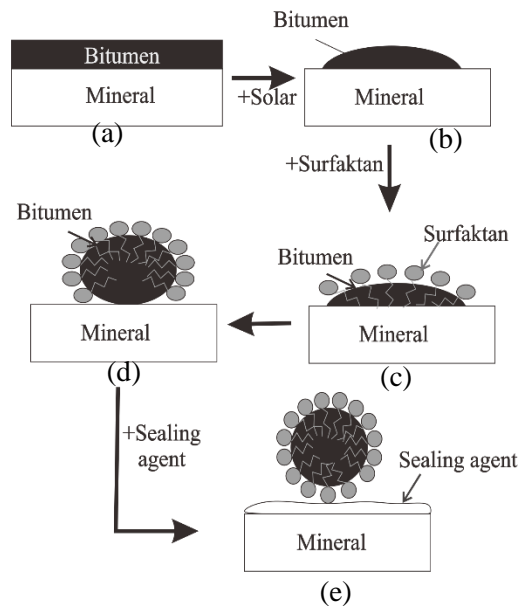
Gambar 4.11 *Interfacial tension* Surfaktan Sodium Dodecylbenzene Sulfonate

Gambar 4.11 menunjukkan interfacial tension pada variable yang ditentukan mengalami kecenderungan untuk naik. Berdasarkan gambar 2.7 maka dapat dipastikan penambahan surfaktan melebihi titik CMC-nya. Sehingga pengaruh dari penambahan surfaktan tidak dapat optimal dan apabila penambahan surfaktan semakin banyak maka akan terjadi penurunan konsentrasi pada pemisahan bitumen.

4.3 Pengaruh Penambahan Sealing agent Terhadap *Recovery* Bitumen

Penambahan Sealing agent berfungsi sebagai pengkondisi basa pada pemisahan bitumen dari mineralnya. Selain itu, Sealing agent memiliki fungsi

yang berbeda-beda bergantung pada kandungannya. Fungsi utama pada sealing agent adalah melapisi bitumen agar tidak kembali berikatan dengan mineral setelah terlepas. Ilustrasi peran dari sealing agent dapat ditunjukkan pada **gambar 4.12 (e)** berikut :



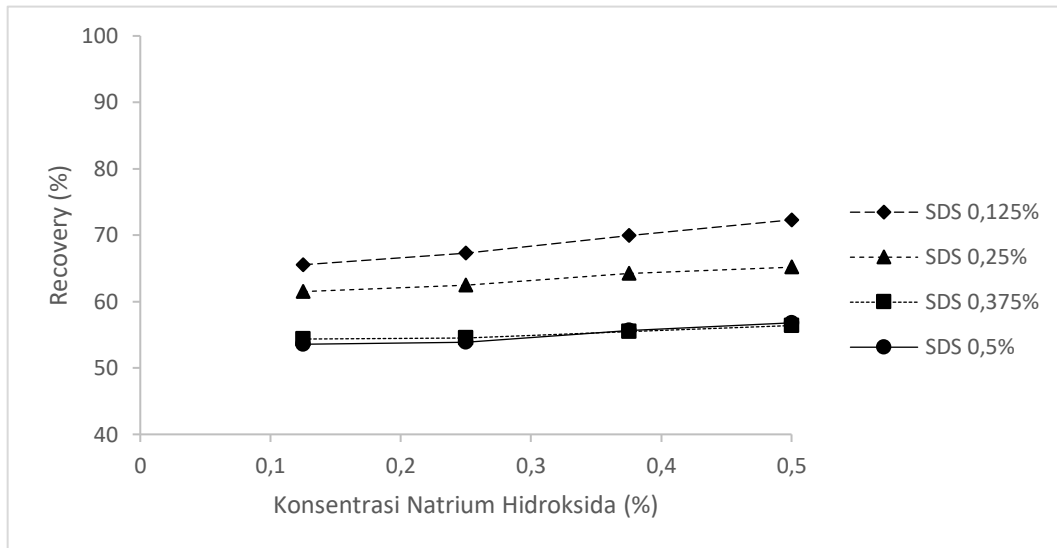
Gambar 4.12 Ilustrasi peran solar, surfaktan dan sealing agent

Pada penelitian ini, digunakan 4 jenis sealing agent yang berupa alkali, yakni Natrium Natrium Hidroksida (NaOH), Natrium Silikat (Na_2SiO_3), Natrium Karbonat (Na_2CO_3) dan Natrium Tripolyphosphate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$).

4.3.1 Pengaruh Penambahan Natrium Hidroksida (NaOH) Terhadap Recovery Bitumen

Natrium Hidroksida merupakan salah satu alkali yang pertama kali digunakan untuk pemisahan bitumen dari mineral pada Athasbasca oil sand. Bitumen sendiri mengandung acidic materials yang kemudian dapat dinetralkan dengan penambahan Natrium Hidroksida ataupun alkali (Kessick, 1983). Pada **gambar 4.13** menunjukkan penambahan Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap *recovery* bitumen yang mengalami peningkatan. Hal tersebut karena Natrium Hidroksida mengaktifkan surfaktan alami pada bitumen di asbuton sehingga semakin besar konsentrasi natrium hidroksida yang ditambahkan maka akan

semakin banyak surfaktan alami yang aktif pada proses pelepasan, hal tersebut mengakibatkan semakin besar *recovery* bitumen yang diperoleh. Dari data percobaan diperoleh, *recovery* tertinggi berada pada 72,3%, pada konsentrasi Natrium Hidroksida 0,5%, konsentrasi surfaktan 0,125% dan temperatur 90°C.

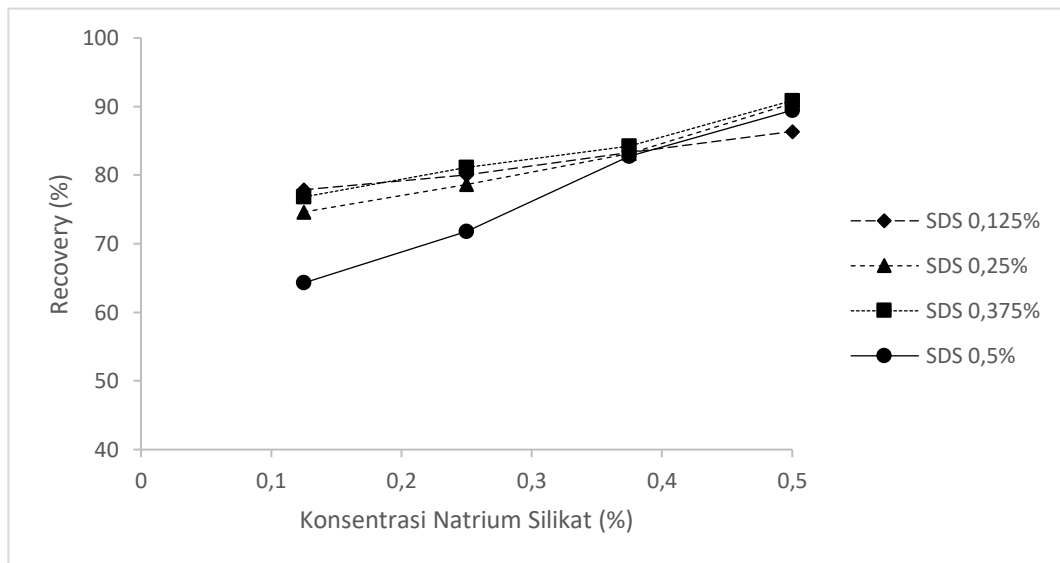


Gambar 4.13 Pengaruh penambahan konsentrasi Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap *recovery* bitumen pada temperatur 90 °C dengan berbagai nilai konsentrasi surfaktan SDS.

4.3.2 Pengaruh Penambahan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) Terhadap *Recovery* Bitumen

Pada Variabel penambahan SDS- Na_2SiO_3 peningkatan *recovery* seperti yang ditunjukkan **gambar 4.14**, hal tersebut dikarenakan kemampuan Na_2SiO_3 sebagai dispersant untuk mineral dengan kandungan silicate. Berdasarkan penelitian Zhou (2005), Penggunaan *Sodium silicate* sendiri akan meningkatkan proses pelepasan bitumen dengan mineralnya namun akan mempengaruhi hydrophobicity pada permukaan bitumen dan penggunaan silicate akan mengurangi jumlah ion calcium dan magnesium yang terlarut pada air proses. Hasil *recovery* terbaik pada variable sealing agent Natrium Silikat adalah sebesar

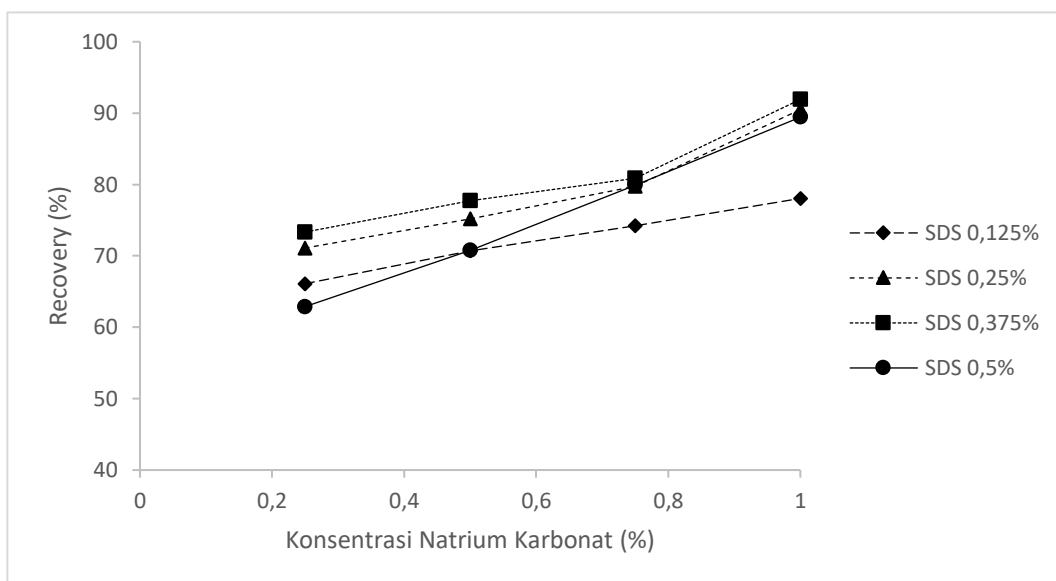
90,88%, diperoleh pada konsentrasi natrium silikat 0,5%, Konsentrasi surfaktan 0,125%, dan temperatur 90°C.



Gambar 4.14 Pengaruh penambahan konsentrasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) terhadap *recovery* bitumen pada temperatur 90°C dengan berbagai nilai konsentrasi surfaktan SDS.

4.3.3 Pengaruh Penambahan Natrium Karbonat (Na_2CO_3) Terhadap *Recovery* Bitumen

Peranan natrium karbonat dalam pemisahan bitumen adalah sebagai peningkat sifat hidrofobisitas dari permukaan bitumen. (Liu dkk, 2011). Hasil dari percobaan penambahan Natrium Karbonat (Na_2CO_3) terhadap *recovery* bitumen pada gambar 4.15 menunjukkan bahwa semakin meningkatnya *recovery* bitumen seiring dengan penambahan konsentrasi natrium karbonat. *Recovery* tertinggi pada percobaan ini ialah 91,92% pada konsentrasi Natrium Karbonat 1%, konsentrasi surfaktan 0,375% dan temperatur 90°C.



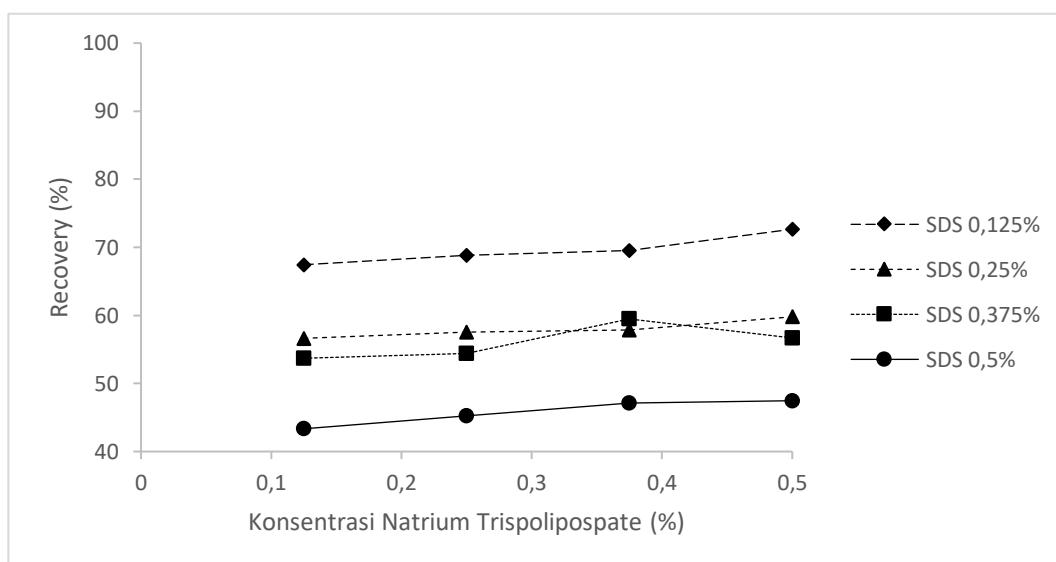
Gambar 4.15 Pengaruh penambahan konsentrasi Natrium Karbonat (Na_2CO_3) terhadap *recovery* bitumen pada temperatur 90 °C dengan berbagai nilai konsentrasi surfaktan SDS.

4.3.4 Pengaruh Penambahan Sodium Tripolyphosphate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) Terhadap *Recovery* Bitumen

Senyawa $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ dipilih karena berfungsi sebagai sealing yang berperan melapisi lapisan bitumen-solar sehingga tidak berikatan kembali dengan mineral setelah terpisah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4.12 (e)**. Selain itu, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ berperan juga sebagai builder. Peranan builder itu sendiri adalah mengurangi kesadahan air dari ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} sehingga efisiensi surfaktan tetap terjaga. Selain itu juga berperan dalam menjaga stabilitas alkalinitas (kondisi pH) dimana akan membantu kinerja surfaktan dalam menghilangkan kotoran (kinerja dalam detergen) (Eu Environment Directorate, 2002). Tidak hanya itu, konsentrasi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ yang tinggi dapat menyebabkan banyak terdapat ion bebas PO_4^{3-} yang terdapat dalam campuran. Ion ini mampu mengikat unsur Ca^{2+} sebagai penyebab kesadahan. Hal ini disebabkan karena PO_4^{3-} bebas memiliki

kemampuan serangan terhadap senyawa CaCO_3 dan membentuk ikatan lebih kuat dibandingkan ikatan dari kedua senyawanya (Briyanto, 2009). Pada penelitian Ucbeyiay, Ion fosfat dan polifosfat dapat menyebabkan blocking mekanisme. Blocking mekanisme terjadi ketika kompleks logam ion polipospat terbentuk pada permukaan mineral dan mencegah reaksi dengan surfaktan sehingga bitumen tidak bisa terpisah dari mineral akibat surfaktan belum bereaksi.

Hasil dari percobaan menggunakan Sodium Tripolyphosphate pada **Gambar 4.16** menunjukkan kecenderungan terjadinya peningkatan *recovery* seiring dengan penambahan Natrium Tripolifosfat. Berdasarkan dari data percobaan, *recovery* bitumen tertinggi, yakni 74,51% diperoleh pada konsentrasi $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ 0,5%, konsentrasi surfaktan 0,125% dan temperatur 90°C.



Gambar 4.16 Pengaruh penambahan konsentrasi Natrium Tripolipospat ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) terhadap *recovery* bitumen pada temperatur 90 °C dengan berbagai nilai konsentrasi surfaktan SDS.

Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa Natrium Karbonat dan Natrium Silikat memiliki hasil *recovery* lebih baik dari Natrium Hidroksida dan Natrium Tripolypospat (Lampiran D-G). Dengan hasil *recovery* untuk Natrium Karbonat sebesar 91,92% pada temperatur 90°C dengan konsentrasi SDS 0,375% dan konsentrasi Na_2CO_3 sebesar 1%. Sedangkan untuk Natrium Silikat memiliki hasil

recovery sebesar 90,88% pada temperatur 90°C dengan konsentrasi SDS 0,5% dan konsentrasi Na_2SiO_3 sebesar 0,125%. Pada Natrium Hidroksida *recovery* terbaik yaitu 72,3% pada temperatur 90°C dengan konsentrasi SDS sebesar 0,125% dan konsentrasi NaOH sebesar 0,5%. Dan pada Natrium Tripolipospate *recovery* terbaik pada 74,51% pada temperatur 90°C dengan konsentrasi SDS sebesar 0,125% dan konsentrasi natrium tripolipospate sebesar 0,5%.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Penambahan Surfaktan *Sodium Dodecylbenzene Sulphonate* Memiliki peranan penting dalam perolehan recovery bitumen, yaitu meningkatkan *recovery* Bitumen. Pada Surfaktan *Sodium Dodecylbenzene Sulphonate* semakin banyak konsentrasi surfaktan yang ditambahkan akan menyebabkan semakin turunnya *recovery* apabila telah melewati titik CMC-nya. Pada keempat variabel alkali yang ditambahkan memiliki kecenderungan yang sama.
2. Temperatur mempengaruhi *recovery* bitumen dengan penambahan surfaktan dan alkali maupun tanpa penambahan. Pada keempat variabel garam alkali temperatur dengan *recovery* tertinggi sebesar 90°C.
3. Recovery terbaik pada penelitian ini diperoleh dengan variabel Natrium Silikat dan Natrium Karbonet, dengan besar *recovery* masing-masing ialah 90,88% dan 91,92%. Sedangkan untuk Natrium Hidroksida dan Natrium Tripolipospate memiliki *recovery* sebesar 72,3% dan 74,51%.

5.2 Saran

1. Melakukan penambahan variabel alkali dengan menaikkan konsentrasi penambahan.
2. Menambahkan variabel surfaktan dengan jumlah penambahan yang lebih rendah untuk menemukan titik CMC surfaktan.
3. Memperbaiki proses pemisahan tiga fasa untuk menghindari jumlah bitumen yang tidak terpisah.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

DAFTAR NOTASI

ρ	: densitas/ kerapatan dinyatakan dalam gr/cc
R_{wa}	: Penambahan larutan <i>wetting agent</i> (Surfaktan anionik- <i>Sealing agent</i>) dalam proses pemasakan 2 yang dinyatakan dalam persentase massa (% massa) larutan <i>wetting agent</i> dalam campuran total (solar-asbuton-larutan <i>wetting agent</i>)
σ	: interfacial tension
θ	: contact angle
g	: percepatan gravitasi
r	: jari-jari kapiler
ρ	: densitas larutan
h	: tinggi larutan 1 di pipa kapiler
L	: tinggi larutan 1 dalam wadah

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, A.A. & Wahyudi, S. 2014. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan Media Air Panas dan Penambahan Solar serta Surfaktan*. Surabaya: Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
- Adebiyi, F.M. dan G.E. Akhigbe. 2015. *Characterization of paraffin hydrocarbon fraction of Nigerian bitumen using Multivariate Analytical Techniques*. Nigeria : Journal of Unconventional Oil and Gas Resources 12 (2015) 34–44 Contents.
- Ahmed, Dita dan Affan Hamzah. 2015. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan Media Air Panas dan Penambahan Solar, Surfaktan SLS, dan NaOH*. Surabaya: Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
- Akinyemi, LP, R.K. Odunaike, dan O. Fasunwon. 2013. *Physical and Chemical Characterization of Oil Sands Observed at Imeri in Ogun State of South Western, Nigeria*. Nigeria : Geoscience Engineering Partnership Journal.
- Aris. 1997. *Sifat-Sifat Fisis Aspal Hasil Ekstraksi Asbuton Kabungka A dan Kabungka B yang Diekstraksi dengan Pelarut Karbon Tetraklorida (CCl₄) dan Pelarut Naphta*. Surabaya: Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
- Affandi, Furqon. 2008. *Karakteristik Bitumen Asbuton Butir untuk Campuran Beraspal Panas*. Bandung : Pusat Litbang PUPR
- Affandi, Furqon. 2011. *Pengaruh Kandungan Mineral Asbuton Terhadap Campuran Beraspal*. Bandung : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Audibert-Hayet and C. Dalmazzone. 2006. *Surfactant system for water-based well fluids,* *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 288, no. 1–3, pp. 113–120, Oct. 2006
- Bakhtiar, Marjan T. 2015. *Role of Sodium Hydroxide in Bitumen Extraction: Production of Natural Surfactant and Slime Coating*. Canada: Thesis University of Alberta.
- Berger, Paul Daniel dan Christie Huimin Berger. 2007. *Mixed Anionic Surfactant Composition For Oil Recovery*. United States. US 2007/0191633 A1.
- Bissada, K. K., Jingqiang Tan, Ewa Szymczyk, Mike Daniel, dan Mei Mei. 2016. *Group-type characterization of crude oil and bitumen. Part II: Efficient separation and quantification of normal-paraffins iso-paraffins and naphthenes (PIN)*. United States : Universitas of Houston.
- Clark, K.A. & D.S. Paternack. 1920. *The Role of Very Fine Mineral Matter in the Hot Water Separation Process as Applied to Athabaska Bituminous Sand*. Jurnal Research Council of Alberta, Report No.53, 1-22.
- Cullum, D.C. 1994. *Introduction to Surfactant Analysis*. Glasgow: Blackie Academic & Professional

- Dai, Qi dan Ken H. Chung. 1996. *Hot Water Extraction Process Mechanism Using Model Oil Sands*. *Fuel Processing Technology Elsevier Journal* Vol. 75 No. 2, 220-226.
- Departemen Pekerjaan Umum: Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. *Pemanfaatan Asbuton*. Pedoman Konstruksi dan bangunan No.001–01/BM/2006.
- Drelich, J.2008. *Wetting Phenomena in Oil Sand System and There Impact on the water Base Bitumen Extraction Process*. Michigan: Technology University, vol 25, 1.
- Dwinurwulan, I., & Diana, P.O. 2009. *Perpindahan Massa pada Ekstraksi Asbuton dengan Pelarut Kerosin*. Surabaya : Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
- Eurobitume, 2014. “*Bitumen and Asphalt*”. <http://www.eurobitume.eu/bitumen/applications/roads> diakses 22 Januari 2015.
- Fuel Chemistry Division. 2014. “*Oil Sands*”. http://www.ems.psu.edu/~pisupati/ACSO outreach/Oil_Sands.html diakses 23 Januari 2015.
- Gardiner, M. Stroup. 2000. *Use of Normal Propyl Bromide Solvents for Extraction and Recovery of Asphalt Cements*. Auburn : National Center of Asphalt Technology Auburn University.
- Genaro. 1990. *Rhemington’s Pharmaceutical Science* 18th Ed. USA : Mack Printing Company.
- Hadi, M.H. 2018. *Aspal Buton Solusi Kebutuhan Aspal Indonesia*. <https://www.ilmubeton.com/2018/05/aspal-buton-solusi-kebutuhan-aspal.html>. Diakses pada 1 Juni 2018.
- Han, D.Y. , K.Y. Luo, dan Z.B. Cao. 2017. *Environmental Effects Separation of Yumen oil sands by wet-grinding and washing*. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, DOI: 10.1080/15567036.2017.1300962.
- Hansen, J.S, Claire A, Lemarchand, Erik Nielsen, Jepre C.Dyre, dan Thomas Schrader. 2013. *Four-component united-atom model of bitumen*. Denmark : The Journal of Chemical Physic.
- Hardadi, Rachmad. 2015. *Pertamina-Wika Kembangkan Bisnis Aspal Hybrid* hal 3. Jakarta : Energia Pertamina.
- Hermadi, M., dan Sjahdanulirwan. 2008. *Usulan Spesifikasi Campuran Beraspal Panas Asbuton Lawele untuk Perkerasan Jalan*. Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Hermadi, M., Yohanes Ronny dan Willy Pravanto. 2014. *Teknologi Perkerasan Jalan Campuran Beraspal Panas Asbuton Lawele*. Makalah Seminar Hasil Kementrian PUPR.
- Hupka, J, J.D. Miller dan A.Cortez. 1984. *Importance of Bitumen Viscosity in the Hot Water Processing of Domestic Tar Sands*. Technical Papers

- Institute of Petroleum. 1984. *Modern Petroleum Technology 5th edition Part II*. Singapore: John Wiley and Sons.
- Jinsheng, Gao. 2009. *Coal Oil Shale, Natural Bitumen, Heavy Oil and Peat*. United Kingdom : EOLSS Publisher.
- Kessick, M. 1983. *Recovery of water and alkali used in oil sands and heavy oil extraction*. Canada : Alberta Research Council.
- Kumar, R. 1995. *Pilot Plant Studies of A New Hot Water process For Extraction of Bitumen For Utah Tar Sands*. Canada : Department of Chemicals and Fuels Engineering, The University of Utah.
- Kumar, N., dan Rashmi Tyagi. 2013. *Dimetric Surfactant*. India : University of Engineering and Technologi.
- Kurniadji. 2003. *Laporan penelitian pemanfaatan aspal buton Lawele sebagai perkerasan Jalan*. Bandung : Pusat Litbang PUPR..
- Kurniadji. 2014. *Ekstraksi Asbuton dengan Pelarut Berbasis NBahan Organik dan Media Air*. Bandung : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Leanon, Rap. 2015. *Pengaruh Rasio Molar Substrat Dan Konsentrasi Katalis Pada Pembuatan Surfaktan Decyl Poliglikosida Dari D-Glukosa Dan Dekanol*. Sumut : Laporan Skripsi UNSU.
- Litbang P.U. 2012. ASBUTON (Aspal Buton). <http://litbang.pu.go.id/asbutonaspalbuton.balitbang.pu.go.id> diakses 25 Januari 2015.
- Liu, Weikang, Ying Jin, Xiaoli Tan, dan Anthony Yeung. 2011. *Altering The Wettability Of Bitumen-Treated Glass Surfaces With Ionic Surfactants*. Fuel Elsevier Journal 90 (2011) 2858–2862
- Long, J. Z.Xu, dan J.H. Masliyah. 2005. *On the Role of Temperature in Oil Sands Processing*. Canada : University of Alberta
- Long, Jun dan Yong Gu. 2014. *Sodium Triphosphate And Caustic As Process Aids For The Extraction of Bitumen From Mined Oil Sands*. United States. US 2014/0151270 A1.
- Miller, J.D dan M. Misra. 1991. *Comparison Of Water-Based Physical Separation Processes For U.S. Tar Sands*. Fuel Processing Technology Elsevier Journal, 27 (1991) 3-20
- Misra, M dan J.D Miller. 1982. *Hot Water Process Development For Utah Tar Sands*. Fuel Processing Technology Elsevier Journal, Vol 6, 27--59
- Nielsen, B., William Y. & Anil K. 1994. *Effects of Temperature and Pressure on Asphaltene Particle Size Distribution in Crude Oils Diluted with n – Pentane*. Industrial Engineering Chemistry Research, Vol 33, 1324 – 1330.
- Novitrie, N. A. 2014. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan Media Air Panas dan Penambahan Solar serta Surfaktan*. Surabaya:Laporan Thesis Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
- Nuryanto, Agus. 2009. *Aspal Buton dan Propelan Padat*. Jakarta : Balitbang Pekerjaan Umum

- Odebunmi, Ezekiel Oluyemi dan Abimbola George Olarenmu. 2015. *Extraction of Chemical Constituents of Bitumen Using a Mixed Solvent System*. Nigeria : Science Research Publishing.
- Pasternack, D. dan K.Clark. 1951. *The Component of the Bitumen in Athabasca Bituminous Sand and their Significance in the Hot Water Separation Process*. Universitas of Alberta.
- Pertamina. 2008. *Bahan Bakar Solar. Solar Sebagai Bahan Bakar Diesel*. www.pertamina.com.
- Pertamina, 2008. *Material Safety Data Sheet Solar*. dprdkaltimprov.go.id/images/badan/proker/solar.pdf
- Purwono, S. 2003. *Koefisien Perpindahan Massa pada Pemisahan Aspal Buton dari Kabungka dan Bau-Bau dengan Pelarut n-Heksan*. Forum Teknik Vol. 29, 40-49.
- Qomary, A. & Suminar Dewi. 2012. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan Proses Hot Water*. Surabaya:Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
- Rumanto, B. 1989. *Pemanfaatan Aspal Buton (Asbuton) ditinjau dari Aspek Penerapan Konstruksi Jalan Raya*. Majalah Badan Pengkajian dan Terapan Teknologi (BPPT), No. XXXII/1989, 121-131
- Rohman, A., & Syukra, H. 2014. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton menggunakan Media Air Panas dengan Penambahan Solar serta dan NaOH (Natrium Hidroksida)*. Surabaya:Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
- Salager, Jean L. 2002. *Surfactants Types and Uses*. Colombia : Universidad De Los Andes.
- Sarwono, D., Annas, L., dan Djumari. 2013. *Ekstraksi Asbuton Butir dengan Metode Asbuton Emulsi Menggunakan Pengemulsi Texapon Ditinjau dari Konsentrasi Air dan Waktu Ekstraksi*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Sciencelab. 2015. *Material Safety Data Sheet Natrium Hidroksida (NaOH)*. Dipublikasikan dalam www.sciencelab.com
- Sepulveda, J.E., Miller & Oblad. 1979. *Hot Water Extraction of Bitumen From Utah Tar Sands*. Utah:Department of Mining, Metallurgical, and Fuels Engineering University of Utah, Salt Lake City.
- Sevie, Gissa N. dan Yosita Dyah. 2016. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton Menggunakan Media Air Panas dengan Penambahan Solar dan Surfaktan Anionik serta Natrium Hidroksida (NaOH)*. Surabaya: Laporan Skripsi Teknik Kimia FTI ITS.
- Shidiq, M. & Rachmadhani. 2013. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton Dengan Proses Hot Water Menggunakan Bahan Pelarut Kerosin dan*

- Larutan Surfaktan*. Surabaya: Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
- Siswosoebrotho, Bambang Ismanto., Kusnianti, Neni., Tumewu, dan Willy. 2005. *Laboratory Evaluation of Lawele Buton Natural Asphalt in Asphalt Concrete Mixture*. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 857-867
- Suprpto dan Murachman, B. 1998. *Bitumen Ekstrak Aspal Buton*. Forum Teknik Jilid 22 No.31.
- Tommy. 2012. *Proses Ekstraksi Asbuton dengan Pelarut Pertasol*. Surabaya : Jurnal Teknik Kimia. FTI-ITS.
- Xu, Ke, Chengdong Wu, Xiaojun Tian, dan Zaili Dong. 2011. *A Study on the Influence of Different Anionic Surfactants on the AFM Scanning and Imaging of SWCNTs*. Advanced Material Research Vols. 284-286, pp 110-113.
- Yuda, Teo dan Reza Eka Septiawan. 2015. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton Menggunakan Media Air Panas dengan Penambahan Solar dan Surfaktan Sodium Ligno Sulfonat (SLS) serta Natrium Hidroksida (NaOH)*. Surabaya: Laporan Skripsi Teknik Kimia FTI ITS.
- Yuniarti, 2012. *Perubahan Sifat Fisik Aspal Bekas Akibat Penambahan Bahan Peremaja Minyak Biji Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.)*, Jurnal Penelitian Universitas Mataram, Vol. 2 No. 17, Agustus 2012, hal. 24-33, Lembaga Penelitian Unram Mataram.
- Zhibing, Shen, Zhang Juntao, Zhang Jie, dan Liang Shengrong. 2014. *The Caustic Alkali-free Water Extraction Agent for Treating Inner Mongolia Oil Sands*. China Petroleum Processing and Petrochemical Technology, Vol.16, No.4, pp 65-69
- Zhou, A., H. Li, Z. Xu, dan J.H. Masliyah. 2005. *Role of Acidified Sodium Silicate in Low Tempertaure Bitumen Extraction from Poor-Processing Oil Sand Ores*. Industrial Engineering Chemical Canada Vol 44, No.13, 2005
- Zindy. 2013. *Studi Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton Menggunakan Media Air Panas dengan Penambahan Surfaktan*. Surabaya: Laporan Skripsi Teknik Kimia FTI ITS.

APPENDIKS

1. Perhitungan Kadar Bitumen Awal dalam Asbuton

Untuk menentukan kadar bitumen awal pada asbuton dilakukan berdasarkan SNI 03-3640 -1994 yaitu ekstraksi asbuton dengan pelarut TCE (*Trichloroethylene*) menggunakan alat soklet dilakukan pada suhu 90°C hingga pelarut yang ada di dalam tabung soklet jernih. Dilakukan sebanyak 3 kali percobaan.

Contoh perhitungan:

$$\text{Asbuton kering} = 29,62 \text{ gr}$$

$$\text{TCE (Trichloroethylene)} = 400 \text{ ml}$$

$$\text{T operasi} = 90^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Mineral kering} = 24,03 \text{ gr}$$

$$\text{Bitumen Terekstrak} = \text{Berat Asbuton} - \text{Berat Mineral}$$

$$= 29,62 \text{ gr} - 24,03 \text{ gr} = 5,59 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar Bitumen} = \frac{\text{Berat Bitumen terekstrak}}{\text{Berat Asbuton}} \times 100\%$$

$$= \frac{5,59}{29,62} \times 100\% = 18,87\%$$

Analisa konsentrasi awal dilakukan sebanyak 3 kali, kemudian didapatkan kadar awal bitumen rata – rata sebesar 18,57%.

2. Pembuatan Larutan Surfaktan+Na₂CO₃

- Penambahan larutan surfaktan 25 % dari massa total 1000 gram

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan larutan surfaktan + Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{25}{100} \times \text{Massa total} \\ &= \frac{25}{100} \times 1000 \text{ gram} \\ &= 250 \text{ gram}\end{aligned}$$

- Pembuatan Larutan Surfaktan 0.125%

$$\begin{aligned}\text{kebutuhan larutan surfaktan 0.125\%} &= \frac{0.125}{100} \times (\text{Massa total campuran}) \\ &= \frac{0.125}{100} \times 1000 \text{ gram} = 1.25 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{kebutuhan larutan NaOH 0.25\%} &= \frac{0.25}{100} \times (\text{Massa total campuran}) \\ &= \frac{0.25}{100} \times 1000 \text{ gram} = 2.5 \text{ gram}\end{aligned}$$

- Kebutuhan air = 250 gram – 1.25 gram – 2.5 gram = 246.25 gram

3. Penambahan DEX

Kebutuhan DEX + asbuton adalah 75% dari massa total 1000 gram

$$\text{Kebutuhan DEX + asbuton} = \frac{75}{100} \times 1000 \text{ gram} = 750 \text{ gram}$$

Diketahui densitas DEX = 0,831 gram/ml

- **Asbuton : DEX = 40% : 60%**

$$\text{Kebutuhan DEX} = \frac{60}{100} \times 750 \text{ gram} = 450 \text{ gram}$$

$$\text{Kebutuhan asbuton} = \frac{40}{100} \times 750 \text{ gram} = 300 \text{ gram}$$

4. Perhitungan Konsentrasi Bitumen yang Diperoleh

Analisa kadar bitumen dalam larutan dengan cara mengukur densitas campuran solar bitumen

Prosedur :

Untuk mengetahui konsentrasi bitumen dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mengukur densitas campuran bitumen dan solar yang diperoleh menggunakan piknometer.
2. Menggunakan kurva kalibrasi untuk menentukan kadar bitumen larutan hasil percobaan dengan cara mem-plot nilai ρ yang diperoleh pada kurva kalibrasi bitumen murni antara ρ vs konsentrasi.

Catatan :

Bitumen murni diperoleh dengan cara ekstraksi menggunakan soklet sesuai SNI 03-3640 -1994.

5. Perhitungan %Recovery Bitumen

$$\% \text{ Recovery Bitumen} = \frac{\text{Jumlah Bitumen Terekstrak}}{\text{Jumlah Bitumen Awal}} \times 100\%$$

LAMPIRAN A
DATA HASIL EKSPERIMEN

Tabel A.1 Hasil Pengujian Kadar Bitumen Sesuai SNI 03-3640-1994

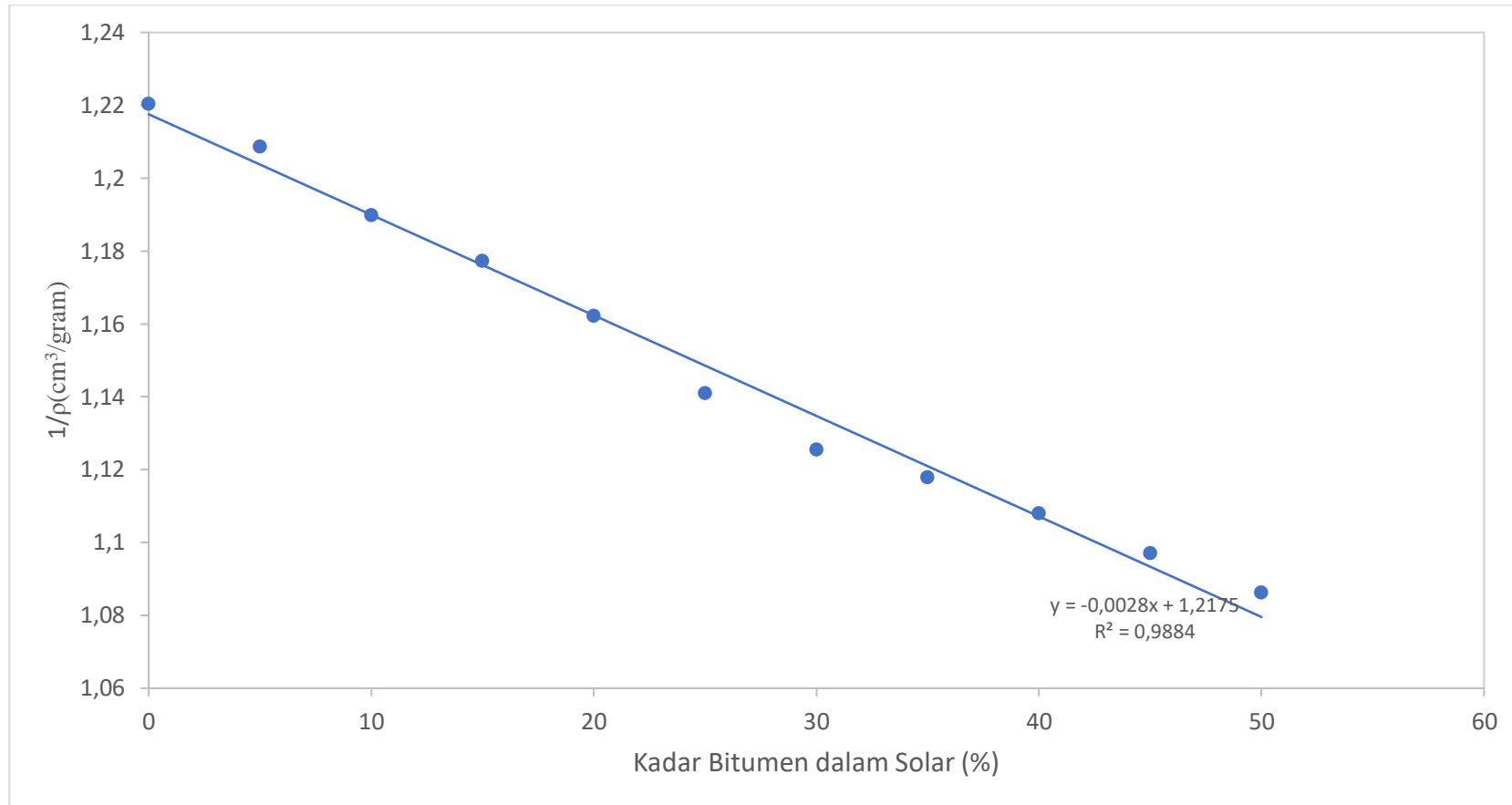
NO	KETERANGAN	Hasil 1	Hasil 2	Hasil 3
1	Massa Asbuton Awal (a)	30.02 gram	30.06 gram	30 gram
2	Massa Asbuton Setelah Dioven + Wadah (b)	62.92 gram	75.97 gram	91.52 gram
3	Massa Kertas Saring (c)	1.68 gram	1.76 gram	2 gram
4	Massa Kertas Saring + Asbuton (d)	31.3 gram	31.43 gram	31.61 gram
5	Massa Asbuton Kering (sudah dioven) ($e = d - c$)	29.62 gram	29.67 gram	29.61 gram
6	Massa Wadah ($f = b - e$)	33.3 gram	46.3 gram	61.91 gram
7	Massa Asbuton Sisa Ekstraksi sudah dioven + wadah (g)	59.01 gram	72.17 gram	87.94 gram
8	Massa Asbuton Sisa Ekstraksi sudah dioven ($h = g - f - c$)	24.03 gram	24.11 gram	24.03 gram
9	Massa Bitumen ($i = e - h$)	5.59 gram	5.56 gram	5.58 gram

10	% Kadar Air %kadar air = $((a - e)/a) \times 100\%$	1.332 %	1.297 %	1.300 %
11	% Kadar Bitumen %bitumen = $((i - a)/a) \times 100\%$	18.621 %	18.496 %	18.600 %

$$\begin{aligned} \% \text{ Kadar Air} &= \frac{1.332+1.297+1.3}{3} \times 100\% \\ &= 1.30995 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Kadar Bitumen Awal} &= \frac{18.621+18.496+18.60}{3} \times 100\% \\ &= 18.572 \% \end{aligned}$$

LAMPIRAN B
KURVA KALIBRASI KADAR BITUMEN



Grafik B.1 Kurva Kalibrasi Kadar Bitumen

Tabel B.1 Data Penentuan Kadar Bitumen dalam DEX

% Bitumen Dalam DEX	Massa Picnometer + Bitumen + Solar (gram)	Massa Bitumen + Solar (gram)	Volume Bitumen + Solar (ml)	Densitas, ρ (gram/ml)	$1/\rho$
50	21.58	9.19	9.983	0.920553239	1.086303276
45	21.49	9.1	9.983	0.911538028	1.097046935
40	21.4	9.01	9.983	0.902522817	1.108005229
35	21.32	8.93	9.983	0.894509296	1.117931367
30	21.26	8.87	9.983	0.888499155	1.125493473
25	21.14	8.75	9.983	0.876478873	1.140928812
20	20.98	8.59	9.983	0.860451831	1.162180106
15	20.87	8.48	9.983	0.849433239	1.177255555
10	20.78	8.39	9.983	0.840418028	1.189884042
5	20.65	8.26	9.983	0.827396056	1.20861103
0	20.57	8.18	9.983	0.819382535	1.220431187

LAMPIRAN C

HASIL PENELITIAN VARIABEL SODIUM HIDROKSIDA

Tabel C.1 Hasil Penelitian Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan penambahan Solar, Sodium Dodecylbenzene Sulfonate dan Sodium Hidroksida.

No	Konsentrasi SDS (%)	Konsentrasi NaOH (%)	T(°C)	$\rho(\frac{gr}{cm^3})$	$1/\rho(\frac{cm^3}{gr})$	Kadar Bit dalam larutan Bit-Sol (%)	Massa Total Bit.Sol (gr)	Bitumen dalam Bit.Sol (gr)	Recovery (%)
1	0,125	0,125	60	0,84	1,19	10,50	279,71	29,37	52,71
2	0,125	0,25	60	0,84	1,19	10,50	289,37	30,38	54,53
3	0,125	0,375	60	0,84	1,19	9,99	312,76	31,25	56,09
4	0,125	0,5	60	0,84	1,19	10,50	308,64	32,41	58,16
5	0,25	0,125	60	0,84	1,19	9,99	280,71	28,05	50,35
6	0,25	0,25	60	0,84	1,19	10,50	280,15	29,42	52,79
7	0,25	0,375	60	0,84	1,19	9,99	298,56	29,83	53,55
8	0,25	0,5	60	0,84	1,19	9,99	321,79	32,16	57,71
9	0,375	0,125	60	0,84	1,19	10,50	281,17	29,52	52,99
10	0,375	0,25	60	0,84	1,19	10,50	281,39	29,55	53,03
11	0,375	0,375	60	0,84	1,19	10,50	289,76	30,42	54,60
12	0,375	0,5	60	0,84	1,19	10,50	297,24	31,21	56,01
13	0,5	0,125	60	0,84	1,19	10,50	278,50	29,24	52,48
14	0,5	0,25	60	0,84	1,19	10,50	278,53	29,25	52,49
15	0,5	0,375	60	0,84	1,19	10,50	281,37	29,54	53,02
16	0,5	0,5	60	0,84	1,19	10,50	298,08	31,30	56,17
17	0,125	0,125	70	0,84	1,19	11,01	273,32	30,08	53,99
18	0,125	0,25	70	0,84	1,18	11,96	256,56	30,69	55,09
19	0,125	0,375	70	0,84	1,19	10,50	295,96	31,08	55,77
20	0,125	0,5	70	0,84	1,19	11,01	293,23	32,27	57,92
21	0,25	0,125	70	0,84	1,19	11,01	280,20	30,84	55,35
22	0,25	0,25	70	0,84	1,19	11,51	268,88	30,95	55,55
23	0,25	0,375	70	0,84	1,19	10,50	295,78	31,06	55,74
24	0,25	0,5	70	0,84	1,19	11,01	293,76	32,33	58,03
25	0,375	0,125	70	0,84	1,19	11,66	272,88	31,82	57,11
26	0,375	0,25	70	0,84	1,19	11,51	282,91	32,56	58,44
27	0,375	0,375	70	0,84	1,19	10,50	310,80	32,63	58,57
28	0,375	0,5	70	0,84	1,19	11,51	292,81	33,70	60,49
29	0,5	0,125	70	0,84	1,19	11,66	258,78	30,18	54,16
30	0,5	0,25	70	0,84	1,19	11,01	284,04	31,26	56,11
31	0,5	0,375	70	0,84	1,19	10,50	310,67	32,62	58,55
32	0,5	0,5	70	0,84	1,19	11,01	315,76	34,75	62,37

No	Konsentrasi SDS (%)	Konsentrasi NaOH (%)	T(°C)	$\rho(\frac{gr}{cm^3})$	$1/\rho(\frac{cm^3}{gr})$	Kadar Bit dalam larutan Bit-Sol (%)	Massa Total Bit.Sol (gr)	Bitumen dalam Bit.Sol (gr)	Recovery (%)
33	0,125	0,125	80	0,85	1,18	13,02	251,36	32,72	58,72
34	0,125	0,25	80	0,85	1,18	12,69	269,94	34,26	61,49
35	0,125	0,375	80	0,84	1,18	12,31	283,98	34,97	62,77
36	0,125	0,5	80	0,85	1,18	12,62	288,65	36,42	65,36
37	0,25	0,125	80	0,85	1,18	12,67	240,78	30,50	54,74
38	0,25	0,25	80	0,85	1,18	12,62	258,46	32,61	58,52
39	0,25	0,375	80	0,84	1,18	12,16	280,27	34,09	61,19
40	0,25	0,5	80	0,84	1,18	12,31	288,98	35,59	63,87
41	0,375	0,125	80	0,84	1,19	10,45	272,81	28,51	51,16
42	0,375	0,25	80	0,84	1,18	12,21	256,93	31,38	56,33
43	0,375	0,375	80	0,84	1,18	12,21	257,20	31,42	56,38
44	0,375	0,5	80	0,84	1,18	12,09	288,89	34,92	62,68
45	0,5	0,125	80	0,84	1,18	12,16	250,17	30,43	54,62
46	0,5	0,25	80	0,84	1,18	12,34	256,08	31,60	56,72
47	0,5	0,375	80	0,84	1,18	12,16	260,07	31,64	56,78
48	0,5	0,5	80	0,85	1,18	12,82	245,62	31,48	56,50
49	0,125	0,125	90	0,85	1,18	12,72	287,18	36,52	65,54
50	0,125	0,25	90	0,84	1,18	12,21	307,07	37,51	67,32
51	0,125	0,375	90	0,84	1,18	12,42	313,99	38,98	69,97
52	0,125	0,5	90	0,85	1,18	13,97	288,46	40,28	72,30
53	0,25	0,125	90	0,84	1,18	12,37	277,13	34,27	61,50
54	0,25	0,25	90	0,85	1,18	12,67	274,91	34,82	62,49
55	0,25	0,375	90	0,85	1,18	12,74	280,98	35,80	64,25
56	0,25	0,5	90	0,85	1,18	13,52	268,65	36,31	65,17
57	0,375	0,125	90	0,84	1,18	12,31	245,91	30,28	54,35
58	0,375	0,25	90	0,84	1,18	12,01	252,78	30,37	54,50
59	0,375	0,375	90	0,85	1,18	12,77	242,06	30,90	55,46
60	0,375	0,5	90	0,85	1,18	12,72	247,07	31,42	56,39
61	0,5	0,125	90	0,85	1,18	12,52	238,49	29,85	53,57
62	0,5	0,25	90	0,85	1,18	12,62	238,02	30,03	53,89
63	0,5	0,375	90	0,85	1,18	12,67	244,87	31,02	55,67
64	0,5	0,5	90	0,84	1,18	12,21	259,08	31,65	56,80

Catatan :

1. Perhitungan Kadar Bitumen dalam Bitumen Solar diperoleh dari kurva kalibrasi
2. Massa Bitumen dalam Bitumen Solar = Kadar Bitumen dalam Bit-Sol x Massa Total
3. Recovery (%) = $\frac{\text{Massa Bitumen dalam Bit-Sol}}{\text{Massa Bitumen Total}} \times 100\%$

LAMPIRAN D

HASIL PENELITIAN VARIABEL SODIUM SILIKAT

Tabel D.1 Hasil Penelitian Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan penambahan Solar, Sodium Dodecylbenzene Sulfonate dan Sodium Silikat.

No	Konsentrasi SDS (%)	Konsentrasi Na ₂ SiO ₃ (%)	T(°C)	$\rho(\frac{gr}{cm^3})$	$1/\rho(\frac{cm^3}{gr})$	Kadar Bit dalam larutan Bit-Sol (%)	Massa Total Bit.Sol (gr)	Bitumen dalam Bit.Sol (gr)	Recovery (%)
1	0,125	0,125	60	0,83	1,20	13,46	345,93	46,55	83,55
2	0,125	0,25	60	0,83	1,20	13,46	359,01	48,31	86,71
3	0,125	0,375	60	0,83	1,20	13,46	369,10	49,67	89,15
4	0,125	0,5	60	0,83	1,20	13,46	372,94	50,19	90,07
5	0,25	0,125	60	0,84	1,18	12,31	247,07	30,43	54,61
6	0,25	0,25	60	0,84	1,18	12,01	304,54	36,59	65,66
7	0,25	0,375	60	0,85	1,18	12,77	326,40	41,67	74,79
8	0,25	0,5	60	0,85	1,18	12,72	338,88	43,09	77,34
9	0,375	0,125	60	0,84	1,18	12,37	226,26	27,98	50,21
10	0,375	0,25	60	0,85	1,18	12,67	261,70	33,15	59,49
11	0,375	0,375	60	0,85	1,18	12,74	300,60	38,30	68,74
12	0,375	0,5	60	0,85	1,18	13,52	296,61	40,09	71,95
13	0,5	0,125	60	0,85	1,18	12,72	260,70	33,15	59,50
14	0,5	0,25	60	0,84	1,18	12,21	282,45	34,50	61,92
15	0,5	0,375	60	0,84	1,18	12,42	302,40	37,54	67,38
16	0,5	0,5	60	0,85	1,18	13,97	302,20	42,20	75,75
17	0,125	0,125	70	0,85	1,18	13,02	279,77	36,42	65,36
18	0,125	0,25	70	0,85	1,18	12,69	293,67	37,27	66,89
19	0,125	0,375	70	0,84	1,18	12,31	327,00	40,27	72,28
20	0,125	0,5	70	0,85	1,18	12,62	362,29	45,71	82,03
21	0,25	0,125	70	0,85	1,18	12,67	257,20	32,58	58,47
22	0,25	0,25	70	0,85	1,18	12,62	299,98	37,85	67,92
23	0,25	0,375	70	0,84	1,18	12,16	326,71	39,74	71,33
24	0,25	0,5	70	0,84	1,18	12,31	354,79	43,69	78,42
25	0,375	0,125	70	0,84	1,18	12,16	270,15	32,86	58,98
26	0,375	0,25	70	0,84	1,18	12,34	279,58	34,50	61,92
27	0,375	0,375	70	0,84	1,18	12,16	313,22	38,10	68,38
28	0,375	0,5	70	0,85	1,18	12,82	319,05	40,89	73,39
29	0,5	0,125	70	0,84	1,19	10,45	283,28	29,60	53,13
30	0,5	0,25	70	0,84	1,18	12,21	286,78	35,03	62,87
31	0,5	0,375	70	0,84	1,18	12,21	290,13	35,44	63,60
32	0,5	0,5	70	0,84	1,18	12,09	316,08	38,21	68,58

No	Konsentrasi SDS (%)	Konsentrasi Na ₂ SiO ₃ (%)	T(°C)	$\rho(\frac{gr}{cm^3})$	$1/\rho(\frac{cm^3}{gr})$	Kadar Bit dalam larutan Bit-Sol (%)	Massa Total Bit.Sol (gr)	Bitumen dalam Bit.Sol (gr)	Recovery (%)
33	0,125	0,125	80	0,85	1,18	13,02	343,87	44,76	80,33
34	0,125	0,25	80	0,85	1,18	13,02	350,47	45,62	81,88
35	0,125	0,375	80	0,85	1,18	13,02	353,42	46,00	82,57
36	0,125	0,5	80	0,85	1,18	13,02	369,98	48,16	86,43
37	0,25	0,125	80	0,85	1,18	13,02	335,92	43,73	78,48
38	0,25	0,25	80	0,85	1,18	13,02	340,43	44,31	79,53
39	0,25	0,375	80	0,85	1,18	13,02	344,23	44,81	80,42
40	0,25	0,5	80	0,85	1,18	13,02	348,60	45,38	81,44
41	0,375	0,125	80	0,85	1,18	13,02	310,78	40,45	72,60
42	0,375	0,25	80	0,85	1,18	13,02	332,30	43,25	77,63
43	0,375	0,375	80	0,85	1,18	13,02	339,77	44,23	79,38
44	0,375	0,5	80	0,85	1,18	13,02	348,67	45,39	81,46
45	0,5	0,125	80	0,85	1,18	13,02	285,54	37,17	66,71
46	0,5	0,25	80	0,85	1,18	13,02	324,60	42,25	75,83
47	0,5	0,375	80	0,85	1,18	13,02	331,85	43,20	77,53
48	0,5	0,5	80	0,85	1,18	13,02	345,33	44,95	80,68
49	0,125	0,125	90	0,85	1,18	13,02	333,34	43,39	77,87
50	0,125	0,25	90	0,85	1,18	13,02	342,56	44,59	80,03
51	0,125	0,375	90	0,85	1,18	13,02	356,46	46,40	83,28
52	0,125	0,5	90	0,85	1,18	13,02	369,69	48,12	86,37
53	0,25	0,125	90	0,85	1,18	13,02	319,44	41,58	74,63
54	0,25	0,25	90	0,85	1,18	13,02	336,67	43,82	78,65
55	0,25	0,375	90	0,85	1,18	13,02	355,82	46,32	83,13
56	0,25	0,5	90	0,85	1,18	13,02	387,21	50,40	90,46
57	0,375	0,125	90	0,85	1,18	13,02	328,85	42,81	76,83
58	0,375	0,25	90	0,85	1,18	13,02	347,34	45,21	81,15
59	0,375	0,375	90	0,85	1,18	13,02	360,68	46,95	84,26
60	0,375	0,5	90	0,85	1,18	13,02	388,99	50,63	90,88
61	0,5	0,125	90	0,85	1,18	13,02	275,22	35,82	64,30
62	0,5	0,25	90	0,85	1,18	13,02	307,30	40,00	71,79
63	0,5	0,375	90	0,85	1,18	13,02	354,34	46,12	82,78
64	0,5	0,5	90	0,85	1,18	13,02	382,92	49,84	89,46

Catatan :

1. Perhitungan Kadar Bitumen dalam Bitumen Solar diperoleh dari kurva kalibrasi
2. Massa Bitumen dalam Bitumen Solar = Kadar Bitumen dalam Bit-Sol x Massa Total
3. Recovery (%) = $\frac{\text{Massa Bitumen dalam Bit-Sol}}{\text{Massa Bitumen Total}} \times 100\%$

LAMPIRAN E

HASIL PENELITIAN VARIABEL SODIUM KARBONAT

Tabel E.1 Hasil Penelitian Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan penambahan Solar, Sodium Dodecylbenzene Sulfonate dan Sodium Karbonat.

No	Konsentrasi SDS (%)	Konsentrasi Na ₂ CO ₃ (%)	T(°C)	$\rho(\frac{gr}{cm^3})$	$1/\rho(\frac{cm^3}{gr})$	Kadar Bit dalam larutan Bit-Sol (%)	Massa Total Bit.Sol (gr)	Bitumen dalam Bit.Sol (gr)	Recovery (%)
1	0,125	0,25	60	0,84	1,19	10,20	291,38	29,74	53,37
2	0,125	0,5	60	0,84	1,19	10,20	312,11	31,85	57,16
3	0,125	0,75	60	0,84	1,19	10,71	309,73	33,18	59,55
4	0,125	1	60	0,84	1,19	10,71	342,78	36,72	65,90
5	0,25	0,25	60	0,84	1,19	10,20	293,07	29,91	53,68
6	0,25	0,5	60	0,84	1,19	10,20	324,54	33,12	59,44
7	0,25	0,75	60	0,84	1,19	10,20	346,40	35,35	63,45
8	0,25	1	60	0,84	1,19	10,20	398,88	40,71	73,06
9	0,375	0,25	60	0,84	1,18	12,21	246,26	30,08	53,99
10	0,375	0,5	60	0,84	1,18	12,42	281,70	34,97	62,77
11	0,375	0,75	60	0,84	1,19	10,20	348,60	35,54	63,79
12	0,375	1	60	0,84	1,18	12,16	341,61	41,55	74,58
13	0,5	0,25	60	0,84	1,19	10,60	280,70	29,76	53,41
14	0,5	0,5	60	0,84	1,19	10,90	302,45	32,98	59,19
15	0,5	0,75	60	0,84	1,19	10,40	335,40	34,88	62,60
16	0,5	1	60	0,84	1,19	11,16	332,20	37,06	66,52
17	0,125	0,25	70	0,84	1,19	10,71	303,28	32,49	58,31
18	0,125	0,5	70	0,84	1,19	10,71	306,78	32,86	58,98
19	0,125	0,75	70	0,84	1,19	11,22	310,13	34,79	62,44
20	0,125	1	70	0,84	1,19	11,22	336,08	37,70	67,67
21	0,25	0,25	70	0,84	1,19	11,22	290,15	32,55	58,42
22	0,25	0,5	70	0,84	1,19	11,22	299,58	33,61	60,32
23	0,25	0,75	70	0,84	1,19	11,22	333,22	37,38	67,09
24	0,25	1	70	0,84	1,19	11,22	379,05	42,52	76,32
25	0,375	0,25	70	0,84	1,19	11,22	299,77	33,63	60,36
26	0,375	0,5	70	0,84	1,19	11,22	313,67	35,19	63,16
27	0,375	0,75	70	0,84	1,19	11,22	357,00	40,05	71,88
28	0,375	1	70	0,84	1,19	11,22	392,29	44,01	78,99
29	0,5	0,25	70	0,84	1,19	11,22	277,20	31,10	55,81
30	0,5	0,5	70	0,84	1,19	11,22	309,98	34,77	62,41
31	0,5	0,75	70	0,84	1,19	11,22	336,71	37,77	67,79
32	0,5	1	70	0,84	1,19	11,22	374,79	42,05	75,46

No	Konsentrasi SDS (%)	Konsentrasi Na ₂ CO ₃ (%)	T(°C)	$\rho(\frac{gr}{cm^3})$	$1/\rho(\frac{cm^3}{gr})$	Kadar Bit dalam larutan Bit-Sol (%)	Massa Total Bit.Sol (gr)	Bitumen dalam Bit.Sol (gr)	Recovery (%)
33	0,125	0,25	80	0,84	1,18	12,23	270,87	33,12	59,44
34	0,125	0,5	80	0,84	1,18	12,23	316,67	38,72	69,49
35	0,125	0,75	80	0,84	1,18	12,23	328,42	40,16	72,07
36	0,125	1	80	0,85	1,18	12,73	328,57	41,83	75,07
37	0,25	0,25	80	0,85	1,18	13,23	268,92	35,58	63,86
38	0,25	0,5	80	0,85	1,18	14,26	291,43	41,57	74,61
39	0,25	0,75	80	0,85	1,18	14,26	295,23	42,11	75,58
40	0,25	1	80	0,85	1,18	13,23	335,60	44,40	79,69
41	0,375	0,25	80	0,85	1,18	12,73	297,78	37,91	68,03
42	0,375	0,5	80	0,85	1,18	13,23	317,30	41,98	75,35
43	0,375	0,75	80	0,85	1,18	13,23	339,77	44,95	80,68
44	0,375	1	80	0,85	1,18	13,23	344,67	45,60	81,85
45	0,5	0,25	80	0,84	1,18	12,23	265,54	32,47	58,27
46	0,5	0,5	80	0,84	1,18	12,23	317,60	38,83	69,70
47	0,5	0,75	80	0,84	1,18	12,23	329,85	40,33	72,38
48	0,5	1	80	0,85	1,18	12,73	350,33	44,60	80,04
49	0,125	0,25	90	0,85	1,18	12,73	289,34	36,83	66,10
50	0,125	0,5	90	0,85	1,18	12,73	309,56	39,41	70,72
51	0,125	0,75	90	0,85	1,18	13,23	312,46	41,34	74,20
52	0,125	1	90	0,85	1,18	13,23	328,69	43,49	78,05
53	0,25	0,25	90	0,85	1,18	13,23	299,44	39,62	71,11
54	0,25	0,5	90	0,85	1,18	13,23	316,67	41,90	75,20
55	0,25	0,75	90	0,85	1,18	13,23	335,82	44,43	79,74
56	0,25	1	90	0,85	1,18	13,73	367,21	50,42	90,50
57	0,375	0,25	90	0,85	1,18	13,23	308,85	40,86	73,34
58	0,375	0,5	90	0,85	1,18	13,23	327,34	43,31	77,73
59	0,375	0,75	90	0,85	1,18	13,23	340,68	45,07	80,90
60	0,375	1	90	0,85	1,18	13,73	372,99	51,22	91,92
61	0,5	0,25	90	0,85	1,18	13,73	255,22	35,04	62,90
62	0,5	0,5	90	0,85	1,18	13,73	287,30	39,45	70,80
63	0,5	0,75	90	0,85	1,18	13,73	324,34	44,53	79,93
64	0,5	1	90	0,85	1,18	13,73	362,92	49,83	89,44

Catatan :

1. Perhitungan Kadar Bitumen dalam Bitumen Solar diperoleh dari kurva kalibrasi
2. Massa Bitumen dalam Bitumen Solar = Kadar Bitumen dalam Bit-Sol x Massa Total
3. Recovery (%) = $\frac{\text{Massa Bitumen dalam Bit-Sol}}{\text{Massa Bitumen Total}} \times 100\%$

LAMPIRAN F

HASIL PENELITIAN VARIABEL SODIUM TRIPOLIFOSFAT

Tabel F.1 Hasil Penelitian Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan penambahan Solar, Sodium Dodecylbenzene Sulfonate dan Sodium Tripolifosfat.

No	Konsentrasi SDS (%)	Konsentrasi Na ₅ P ₃ O ₁₀ (%)	T(°C)	$\rho(\frac{gr}{cm^3})$	$1/\rho(\frac{cm^3}{gr})$	Kadar Bit dalam larutan Bit-Sol (%)	Massa Total Bit.Sol (gr)	Bitumen dalam Bit.Sol (gr)	Recovery (%)
1	0,125	0,125	60	0,85	1,18	13,62	244,91	33,35	59,85
2	0,125	0,25	60	0,85	1,18	13,84	254,74	35,26	63,28
3	0,125	0,375	60	0,85	1,18	13,92	258,96	36,04	64,68
4	0,125	0,5	60	0,85	1,18	13,82	265,66	36,70	65,87
5	0,25	0,125	60	0,85	1,18	12,67	263,89	33,42	59,99
6	0,25	0,25	60	0,85	1,18	12,62	266,65	33,64	60,38
7	0,25	0,375	60	0,84	1,19	11,61	297,39	34,53	61,97
8	0,25	0,5	60	0,85	1,18	13,57	254,87	34,58	62,06
9	0,375	0,125	60	0,85	1,18	13,22	232,07	30,67	55,05
10	0,375	0,25	60	0,85	1,18	13,27	232,89	30,90	55,45
11	0,375	0,375	60	0,84	1,19	10,90	288,46	31,46	56,46
12	0,375	0,5	60	0,85	1,18	13,07	254,69	33,28	59,73
13	0,5	0,125	60	0,85	1,18	13,22	223,98	29,60	53,13
14	0,5	0,25	60	0,85	1,18	12,52	245,67	30,75	55,18
15	0,5	0,375	60	0,85	1,18	12,77	245,76	31,37	56,31
16	0,5	0,5	60	0,85	1,18	12,57	254,21	31,94	57,33
17	0,125	0,125	70	0,85	1,18	13,87	273,93	37,98	68,17
18	0,125	0,25	70	0,85	1,18	13,77	281,05	38,69	69,44
19	0,125	0,375	70	0,85	1,18	13,67	286,75	39,19	70,33
20	0,125	0,5	70	0,85	1,18	14,36	284,58	40,88	73,36
21	0,25	0,125	70	0,84	1,19	10,55	318,87	33,64	60,38
22	0,25	0,25	70	0,85	1,18	13,67	267,54	36,56	65,62
23	0,25	0,375	70	0,85	1,18	13,67	275,30	37,62	67,52
24	0,25	0,5	70	0,85	1,18	13,32	285,01	37,95	68,12
25	0,375	0,125	70	0,85	1,18	13,97	246,67	34,45	61,83
26	0,375	0,25	70	0,85	1,18	13,97	254,43	35,53	63,77
27	0,375	0,375	70	0,85	1,18	13,97	262,11	36,60	65,70
28	0,375	0,5	70	0,85	1,18	13,77	268,56	36,97	66,35
29	0,5	0,125	70	0,85	1,18	14,79	221,65	32,77	58,82
30	0,5	0,25	70	0,85	1,18	14,26	233,92	33,37	59,88
31	0,5	0,375	70	0,85	1,18	13,82	243,75	33,68	60,44
32	0,5	0,5	70	0,85	1,18	14,36	238,23	34,22	61,41

No	Konsentrasi SDS (%)	Konsentrasi Na ₅ P ₃ O ₁₀ (%)	T(°C)	$\rho(\frac{gr}{cm^3})$	$1/\rho(\frac{cm^3}{gr})$	Kadar Bit dalam larutan Bit-Sol (%)	Massa Total Bit.Sol (gr)	Bitumen dalam Bit.Sol (gr)	Recovery (%)
33	0,125	0,125	80	0,85	1,18	13,57	288,21	39,10	70,18
34	0,125	0,25	80	0,85	1,18	13,47	298,89	40,25	72,24
35	0,125	0,375	80	0,85	1,18	13,62	296,39	40,36	72,43
36	0,125	0,5	80	0,85	1,18	13,59	305,46	41,52	74,51
37	0,25	0,125	80	0,85	1,18	13,32	283,62	37,77	67,79
38	0,25	0,25	80	0,85	1,18	13,67	282,85	38,65	69,38
39	0,25	0,375	80	0,85	1,18	13,92	291,76	40,60	72,87
40	0,25	0,5	80	0,85	1,18	13,82	299,39	41,36	74,24
41	0,375	0,125	80	0,85	1,18	13,92	251,89	35,05	62,91
42	0,375	0,25	80	0,85	1,18	13,67	261,24	35,70	64,08
43	0,375	0,375	80	0,85	1,18	12,67	288,24	36,51	65,53
44	0,375	0,5	80	0,85	1,18	13,02	288,87	37,60	67,49
45	0,5	0,125	80	0,84	1,18	12,37	256,22	31,68	56,86
46	0,5	0,25	80	0,84	1,18	12,42	257,72	32,00	57,43
47	0,5	0,375	80	0,84	1,18	12,47	262,13	32,68	58,65
48	0,5	0,5	80	0,85	1,18	12,62	272,12	34,33	61,62
49	0,125	0,125	90	0,84	1,18	12,31	305,14	37,58	67,44
50	0,125	0,25	90	0,84	1,18	12,31	311,51	38,36	68,85
51	0,125	0,375	90	0,84	1,18	12,16	318,32	38,72	69,50
52	0,125	0,5	90	0,84	1,18	12,16	332,82	40,49	72,66
53	0,25	0,125	90	0,84	1,19	10,60	297,64	31,55	56,63
54	0,25	0,25	90	0,84	1,19	11,21	286,14	32,07	57,56
55	0,25	0,375	90	0,84	1,19	11,66	276,41	32,23	57,85
56	0,25	0,5	90	0,84	1,19	11,56	288,16	33,31	59,79
57	0,375	0,125	90	0,84	1,19	11,66	256,59	29,92	53,70
58	0,375	0,25	90	0,84	1,19	11,81	256,65	30,32	54,41
59	0,375	0,375	90	0,84	1,18	12,47	265,83	33,14	59,47
60	0,375	0,5	90	0,84	1,19	11,41	276,63	31,56	56,65
61	0,5	0,125	90	0,84	1,19	10,85	222,49	24,15	43,34
62	0,5	0,25	90	0,84	1,19	11,01	229,06	25,21	45,25
63	0,5	0,375	90	0,84	1,19	11,01	238,45	26,24	47,10
64	0,5	0,5	90	0,84	1,19	10,96	241,40	26,45	47,46

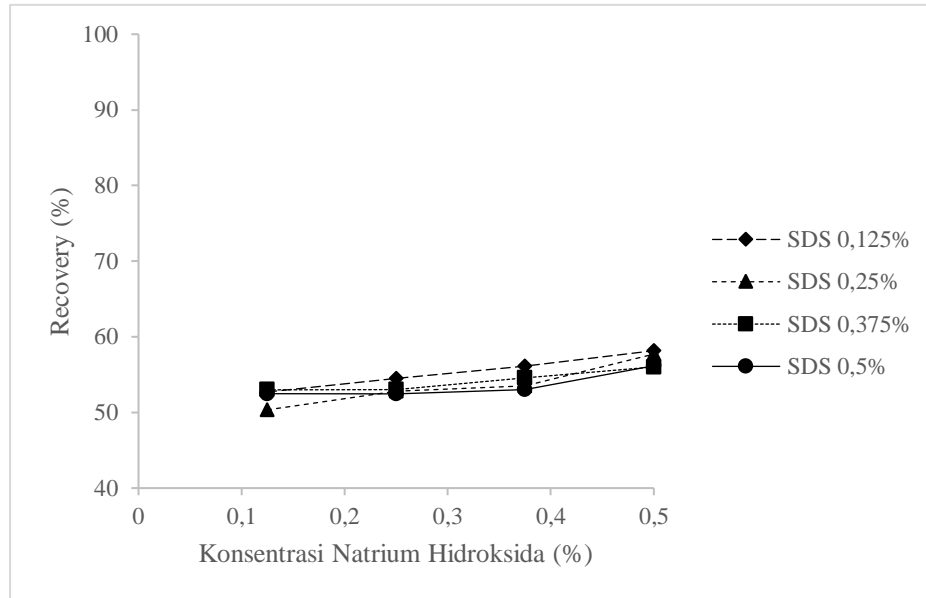
Catatan :

1. Perhitungan Kadar Bitumen dalam Bitumen Solar diperoleh dari kurva kalibrasi
2. Massa Bitumen dalam Bitumen Solar = Kadar Bitumen dalam Bit-Sol x Massa Total
3. Recovery (%) = $\frac{\text{Massa Bitumen dalam Bit-Sol}}{\text{Massa Bitumen Total}} \times 100\%$

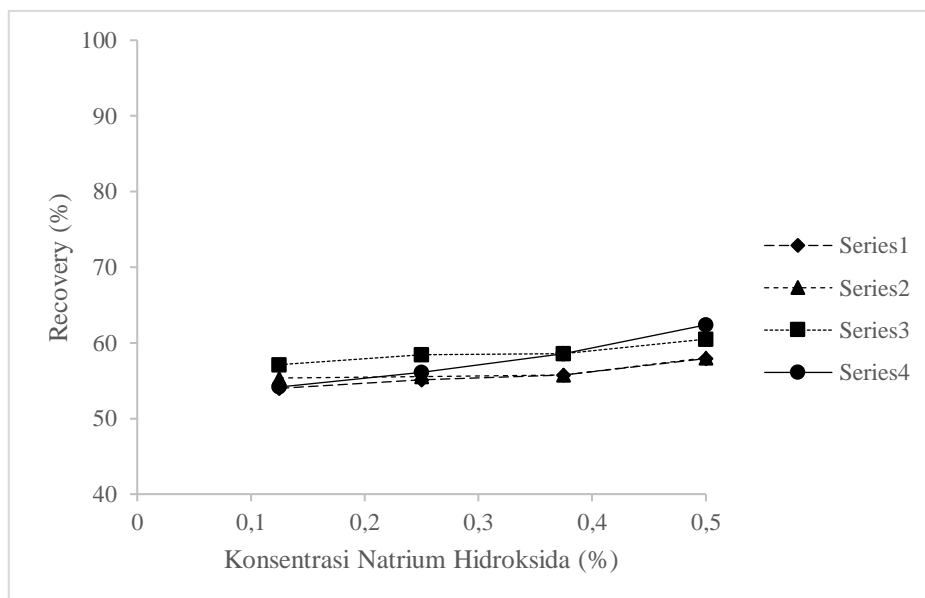
LAMPIRAN G

GRAFIK HASIL PENELITIAN VARIABEL SODIUM HIDROKSIDA

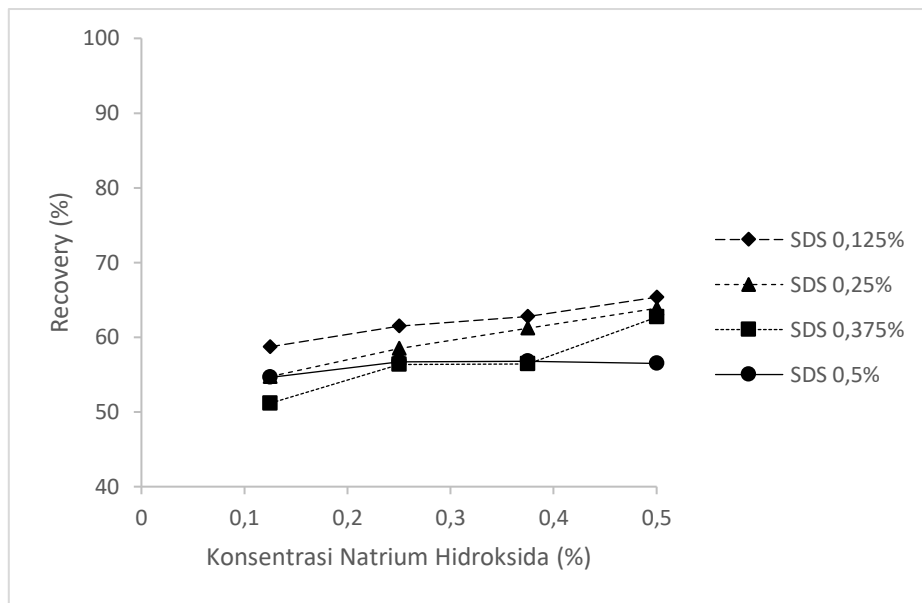
1. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Natrium Hidroksida



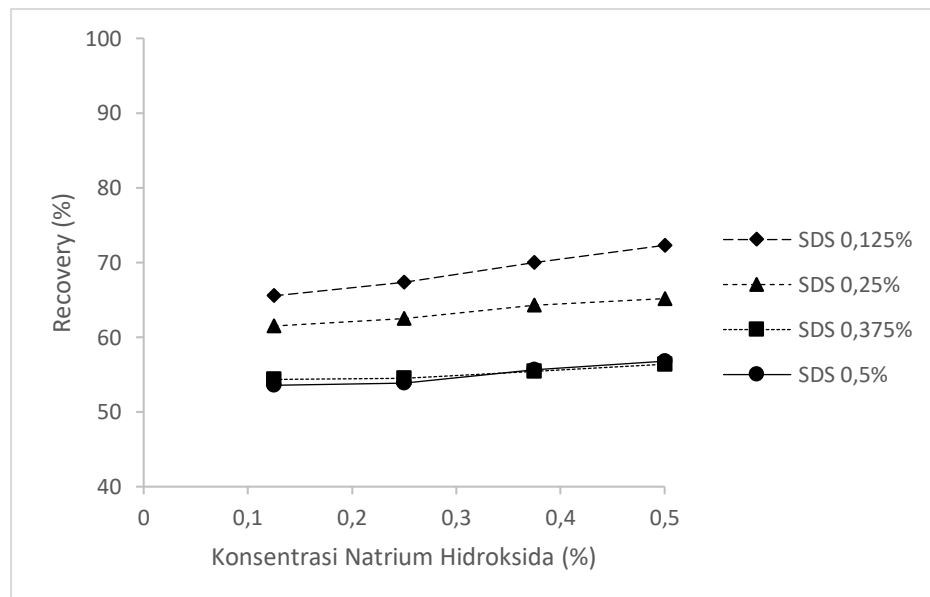
Gambar G.1 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Hidroksida terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 60°C



Gambar G.2 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Hidroksida terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 70°C

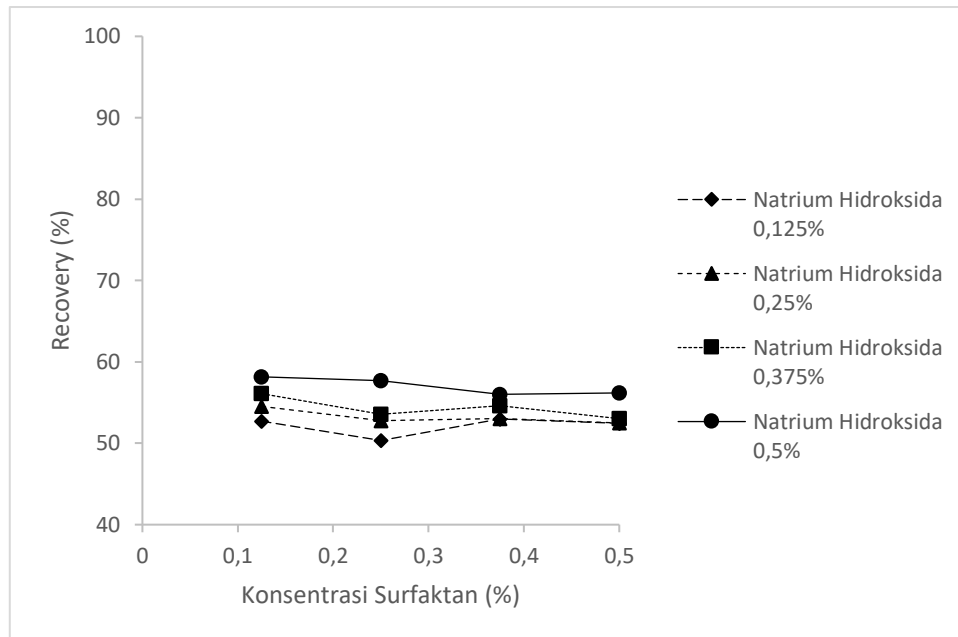


Gambar G.3 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Hidroksida terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 80°C

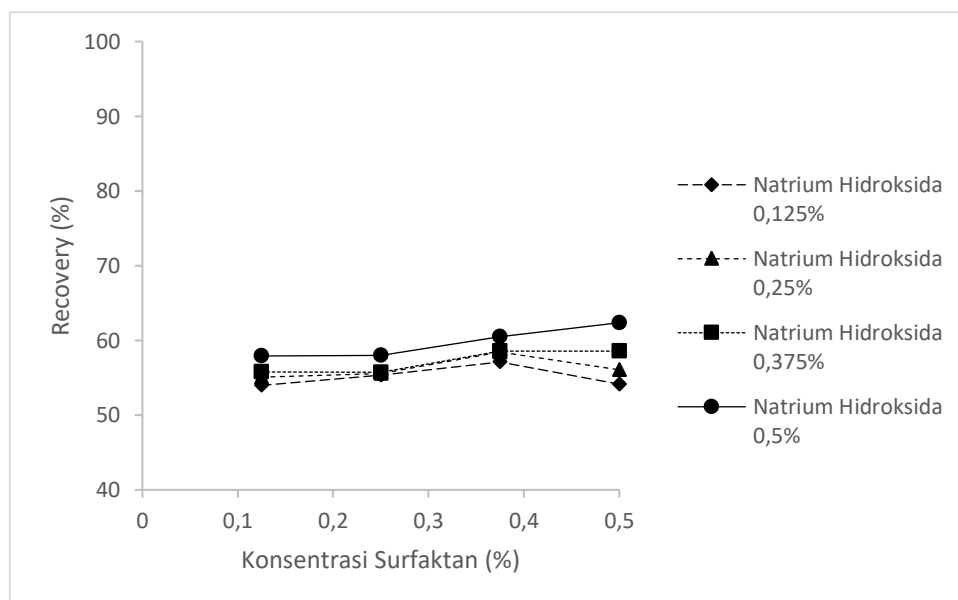


Gambar G.4 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Hidroksida terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 90°C

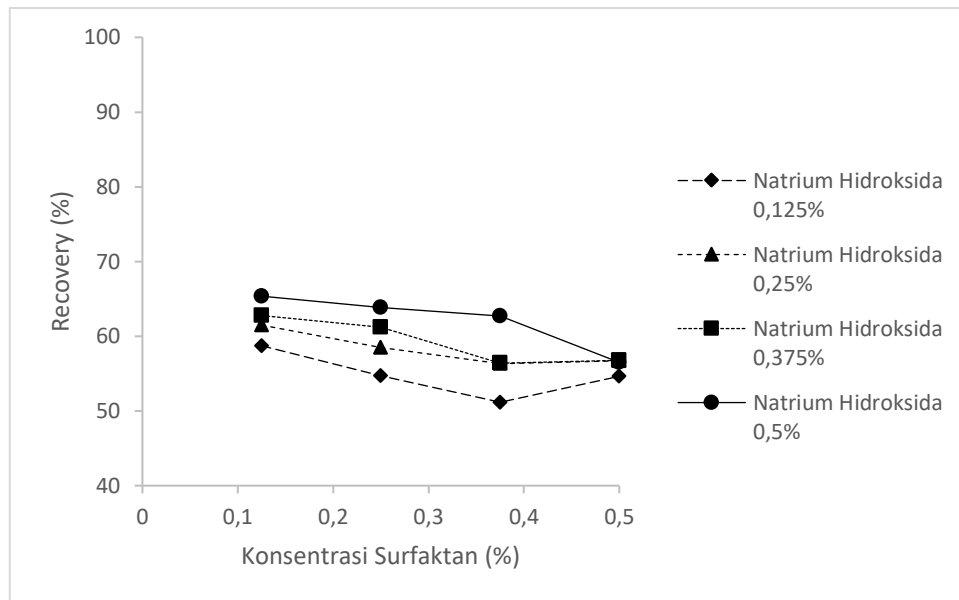
2. Pengaruh Penambahan Surfaktan Sodium Dodecylbenzene Sulfonat



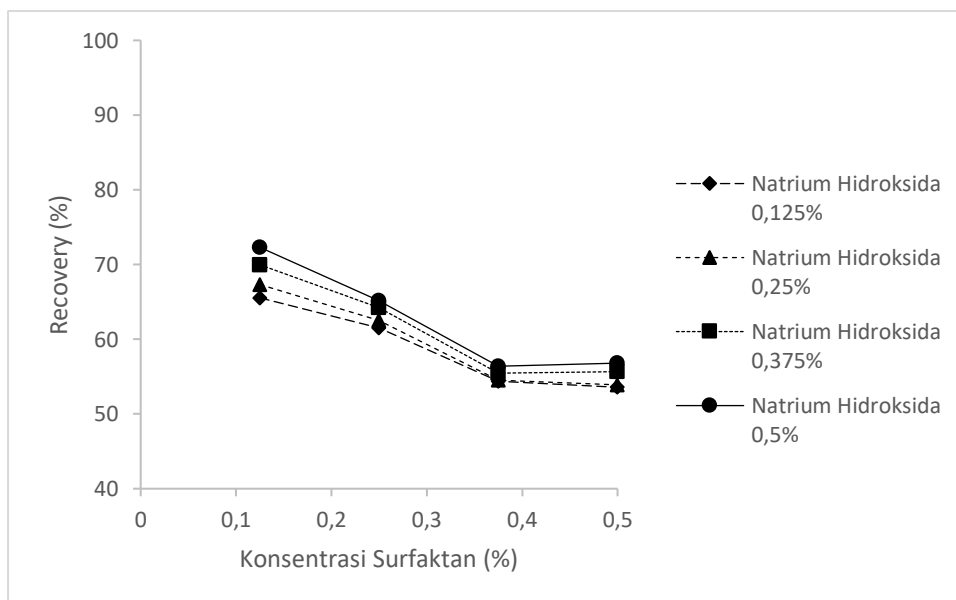
Gambar G.5 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Hidroksida pada temperatur 60°C



Gambar G.6 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Hidroksida pada temperatur 70°C

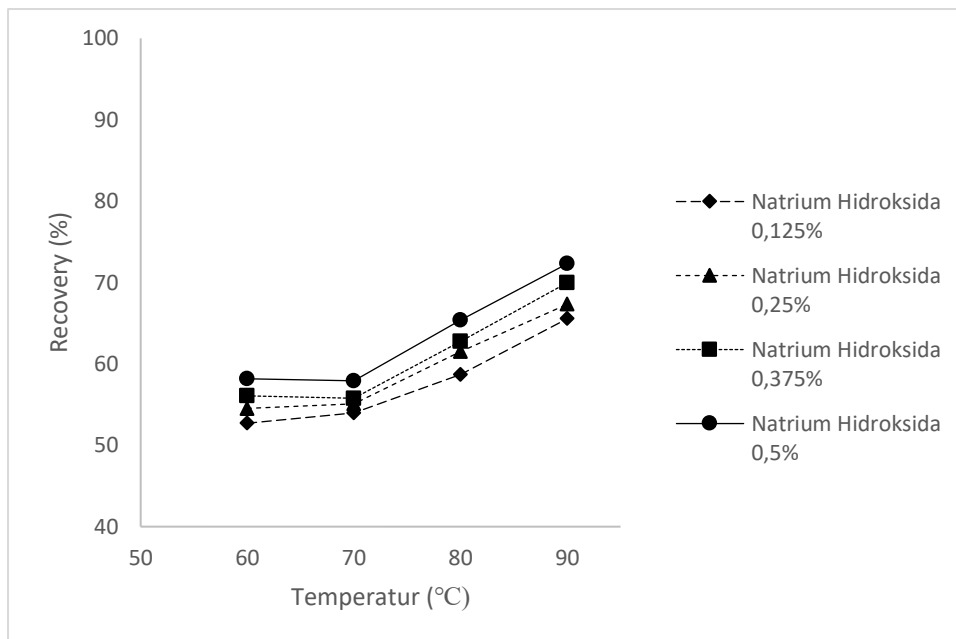


Gambar G.7 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Hidroksida pada temperatur 80°C



Gambar G.8 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Hidroksida pada temperatur 90°C

3. Pengaruh Temperatur pada Pemisahan Bitumen

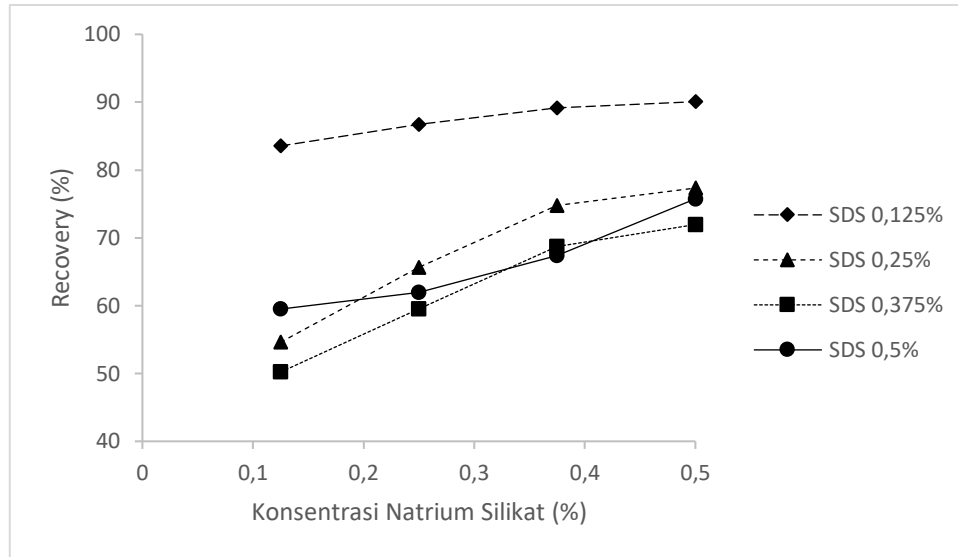


Gambar G.9 Grafik Pengaruh Temperatur terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Hidroksida pada konsentrasi SDS 0,125%

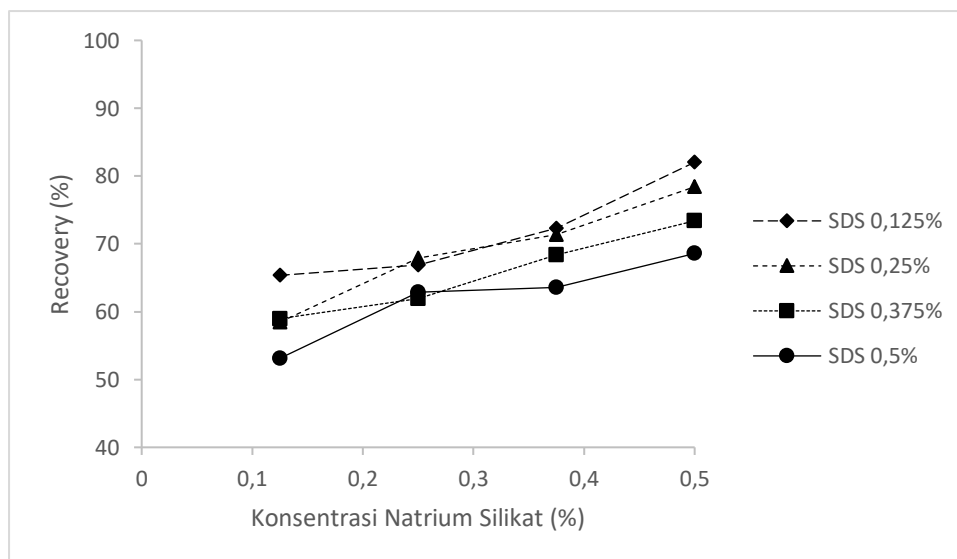
LAMPIRAN H

GRAFIK HASIL PENELITIAN VARIABEL NATRIUM SILIKAT

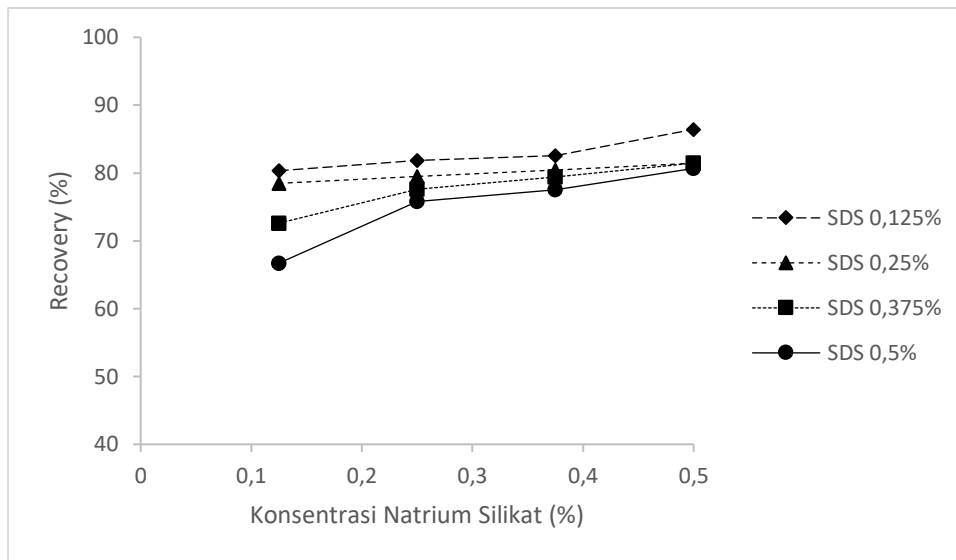
1. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Natrium Silikat



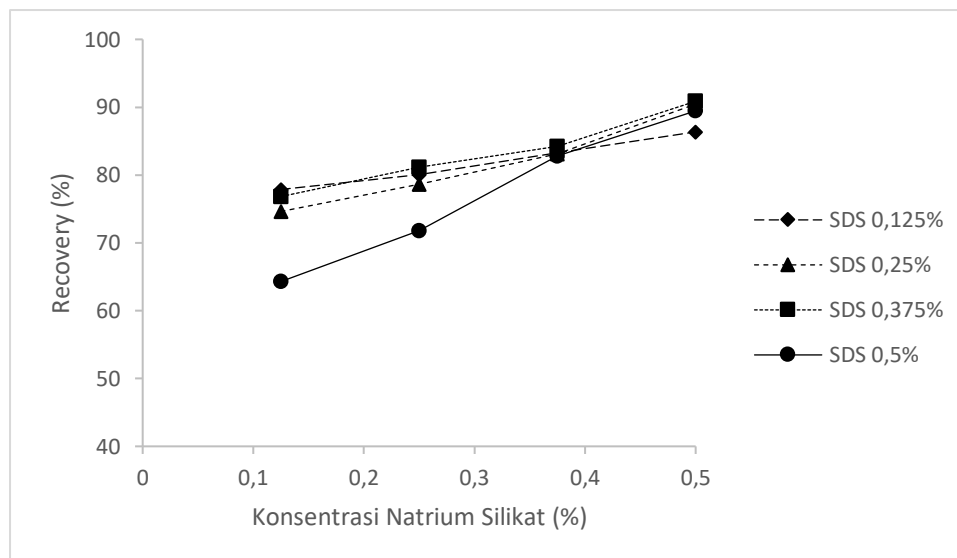
Gambar H.1 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Silikat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 60°C



Gambar H.2 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Silikat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 70°C

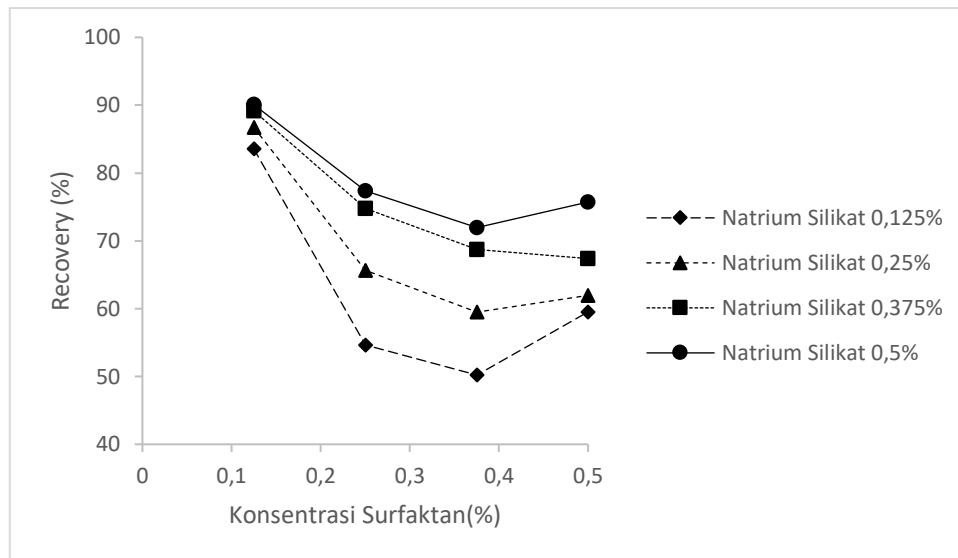


Gambar H.3 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Silikat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 80°C

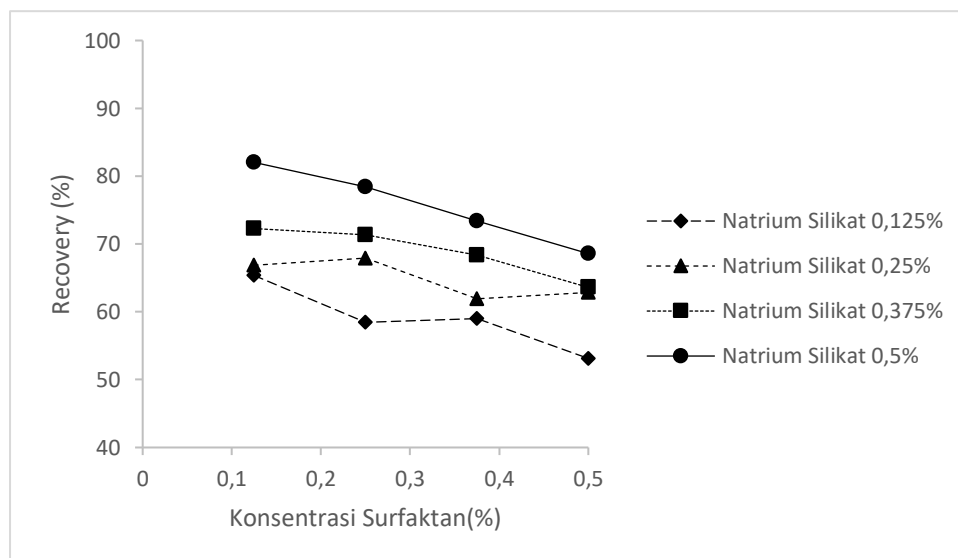


Gambar H.4 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Silikat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 90°C

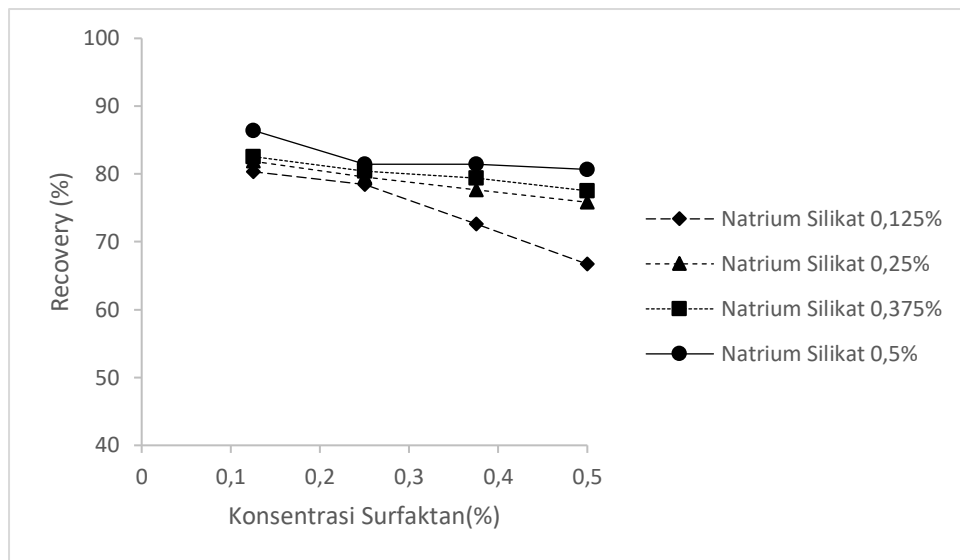
2. Pengaruh Penambahan Surfaktan Sodium Dodecylbenzene Sulfonat



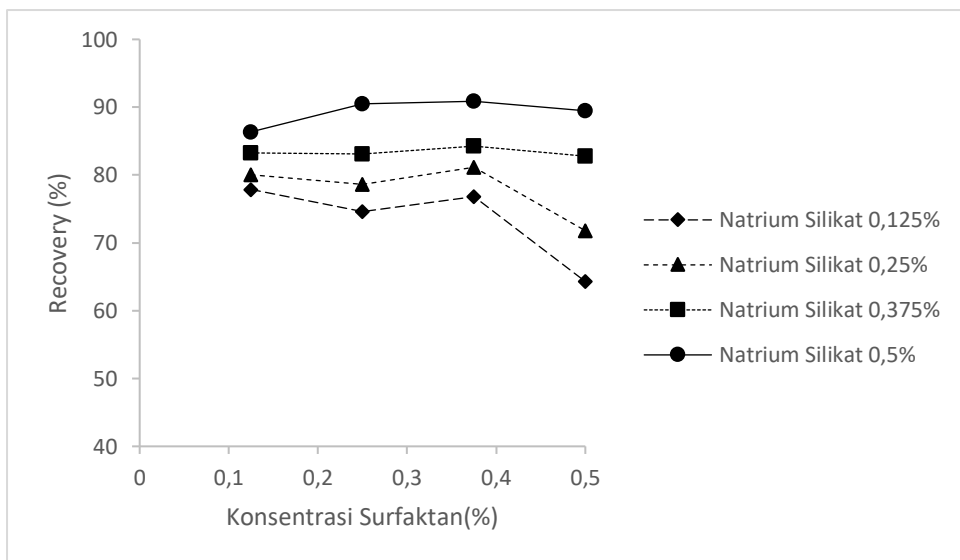
Gambar H.5 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Silikat pada temperatur 60°C



Gambar H.6 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Silikat pada temperatur 70°C

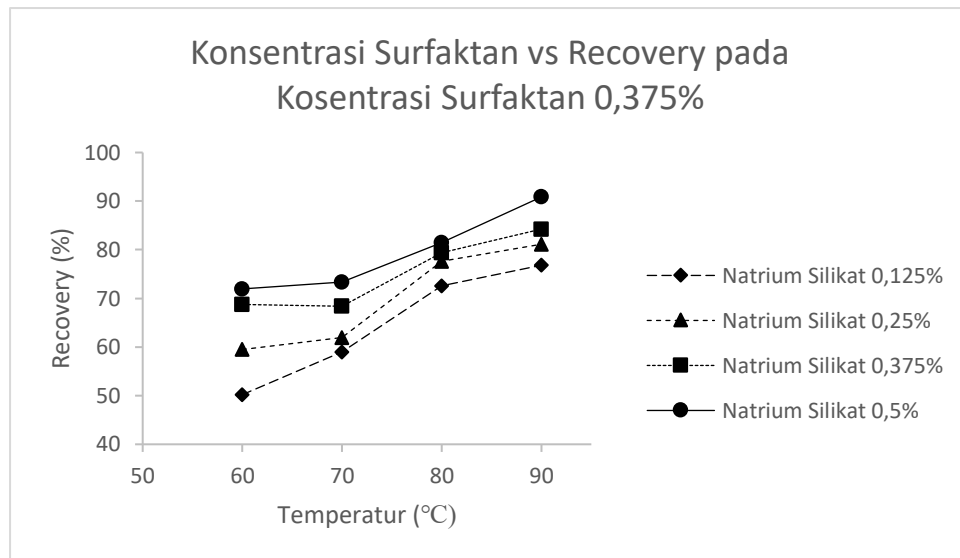


Gambar H.7 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Silikat pada temperatur 80°C



Gambar H.8 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Silikat pada temperatur 90°C

3. Pengaruh Temperatur pada Pemisahan Bitumen

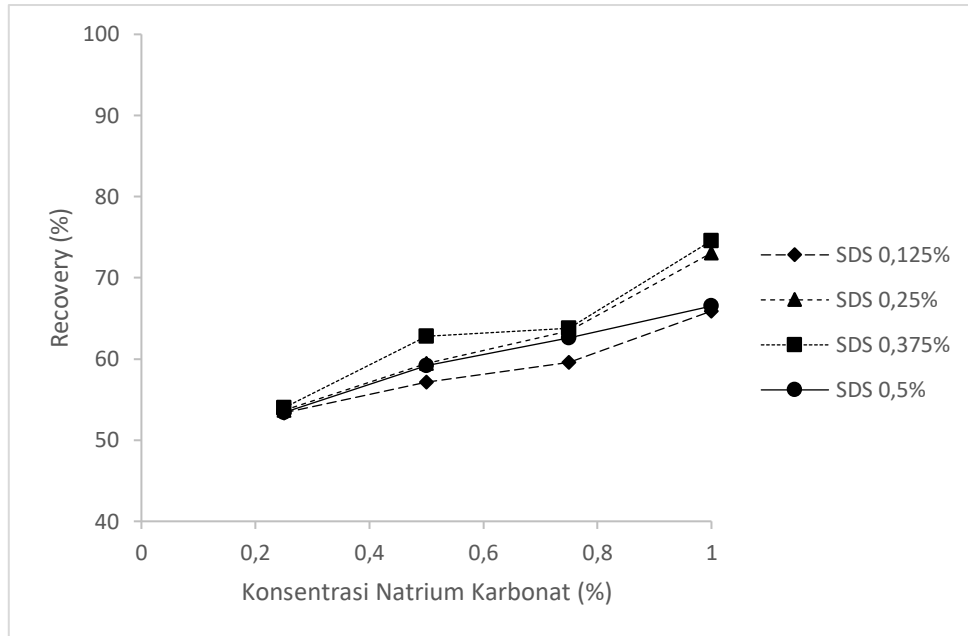


Gambar H.9 Grafik Pengaruh Temperatur terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Silikat pada konsentrasi SDS 0,125%

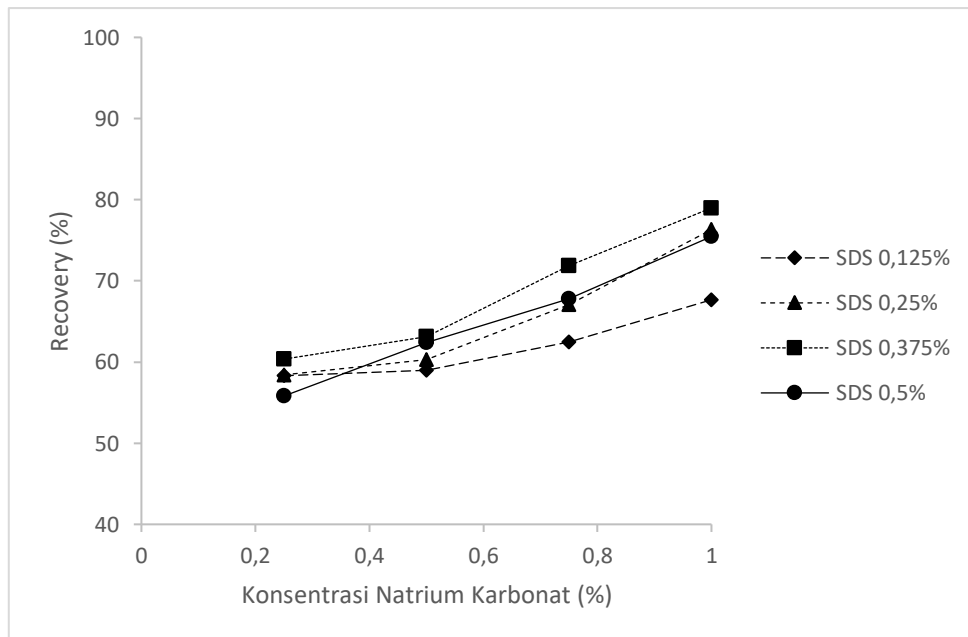
LAMPIRAN I

GRAFIK HASIL PENELITIAN VARIABEL NATRIUM KARBONAT

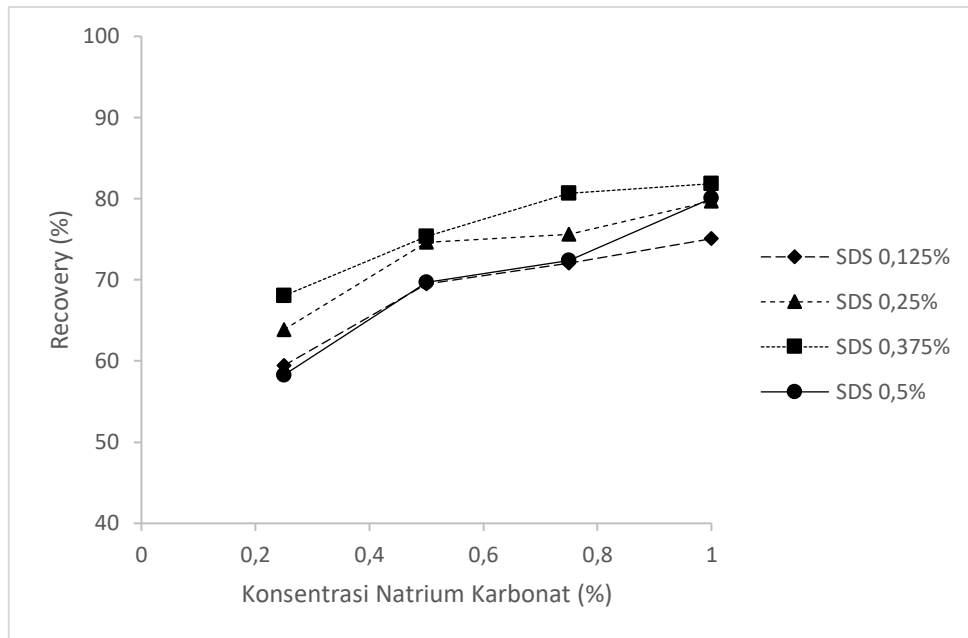
1. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Natrium Karbonat



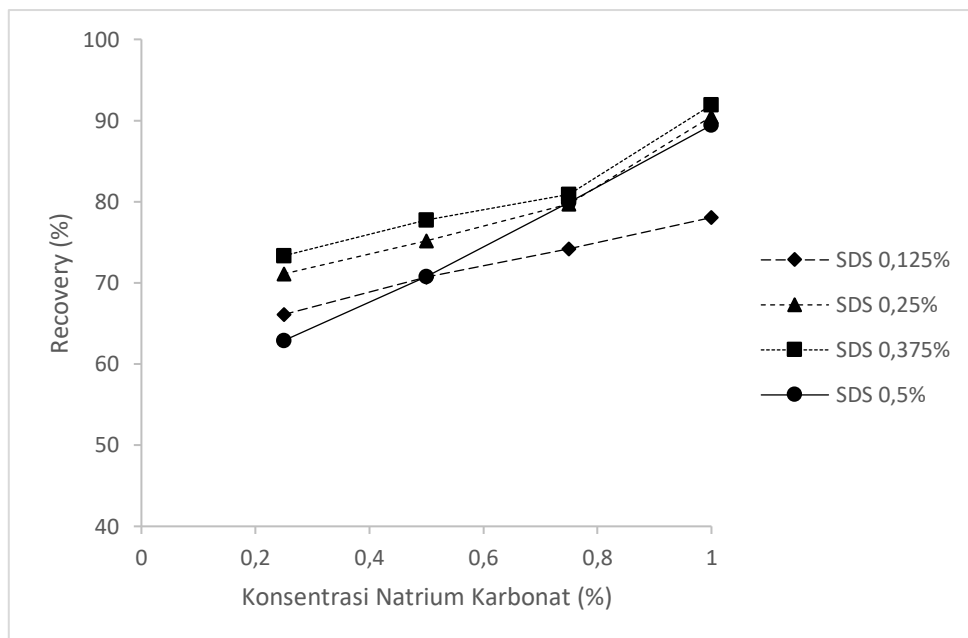
Gambar I.1 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Karbonat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 60°C



Gambar I.2 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Karbonat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 70°C

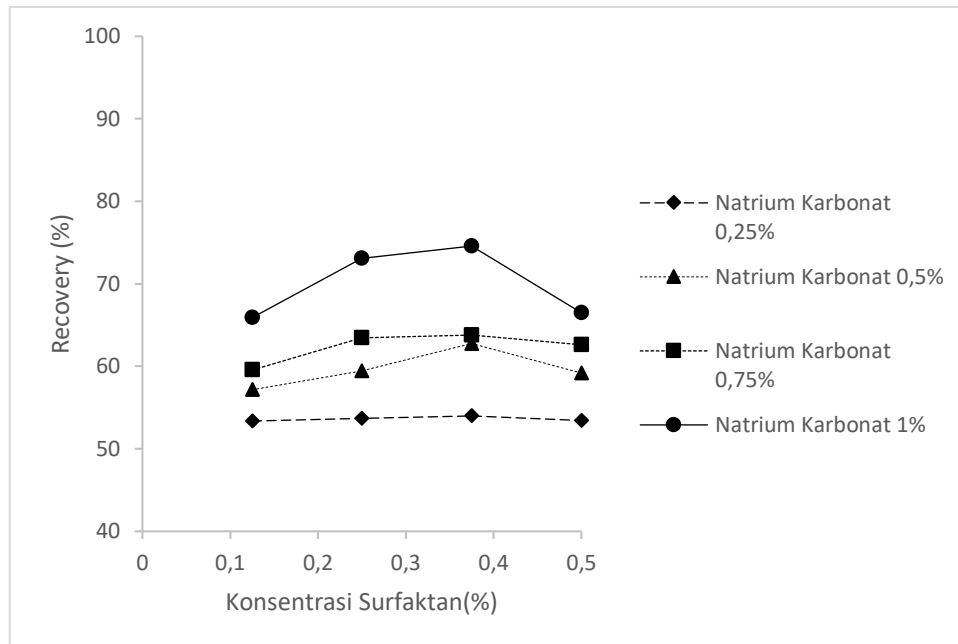


Gambar I.3 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Karbonat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 80°C

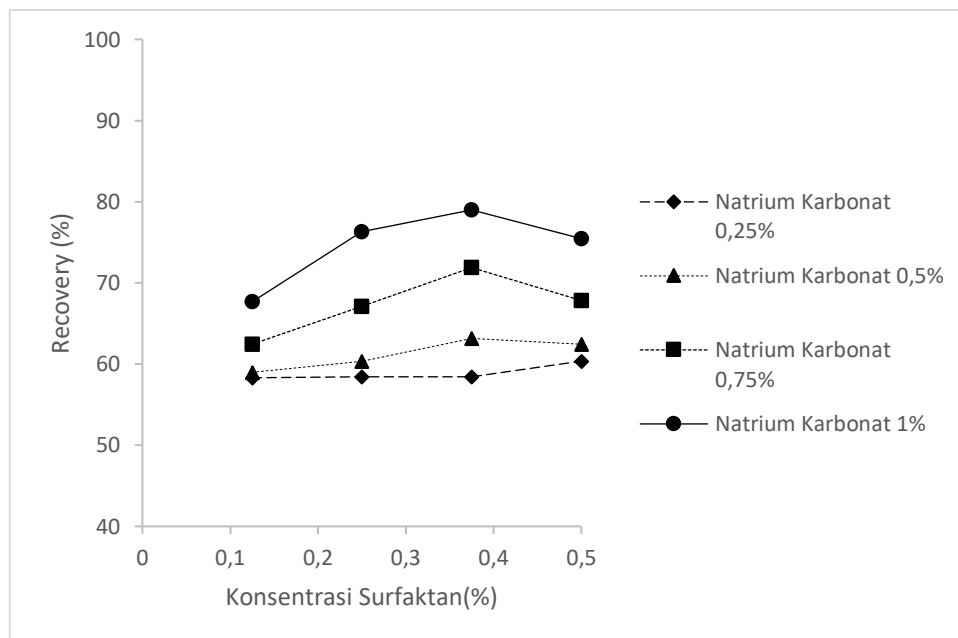


Gambar I.4 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Karbonat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 90°C

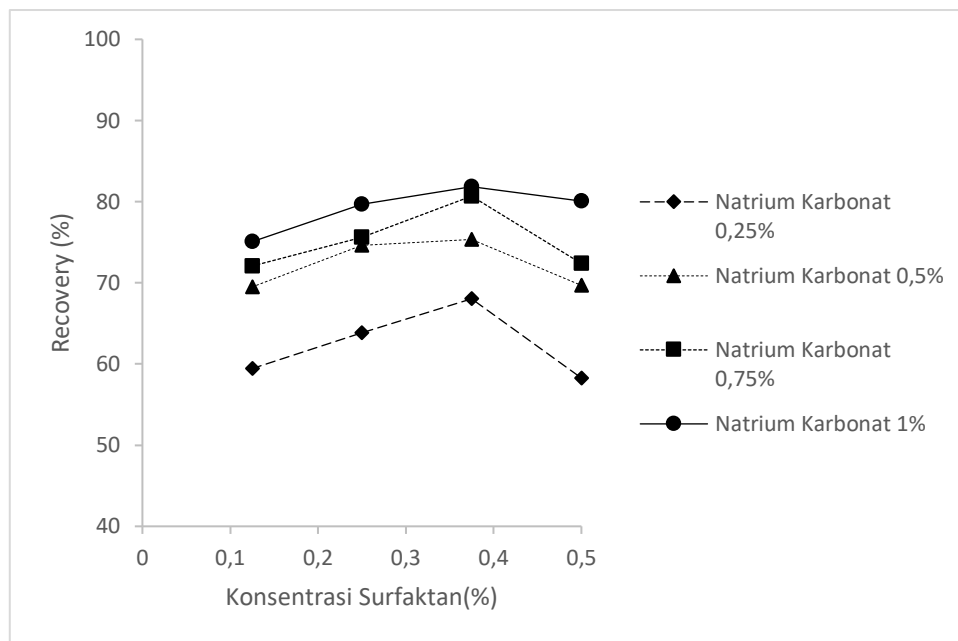
2. Pengaruh Penambahan Surfaktan Sodium Dodecylbenzene Sulfonat



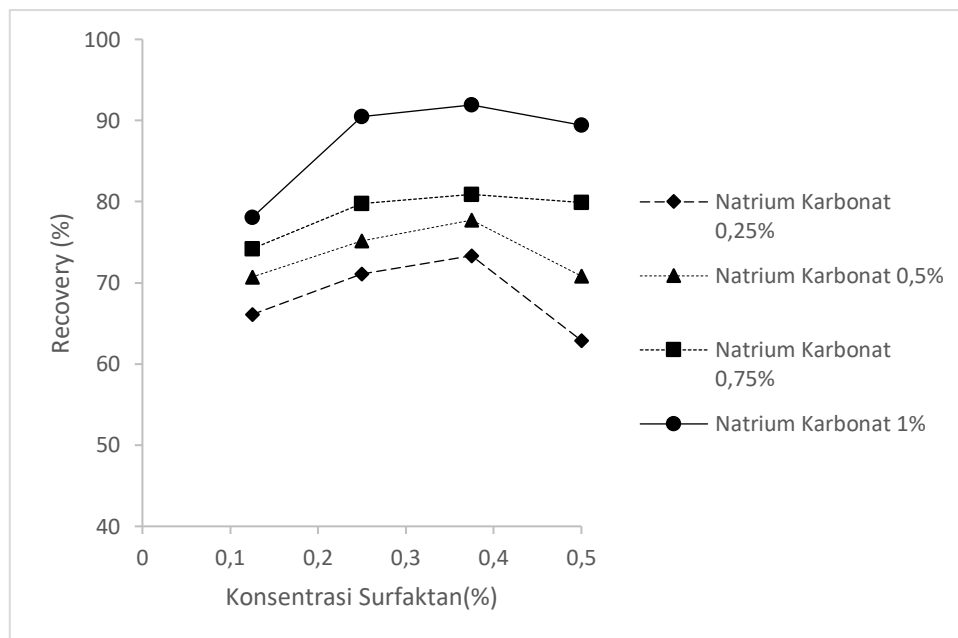
Gambar I.5 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Karbonat pada temperatur 60°C



Gambar I.6 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Karbonat pada temperatur 70°C

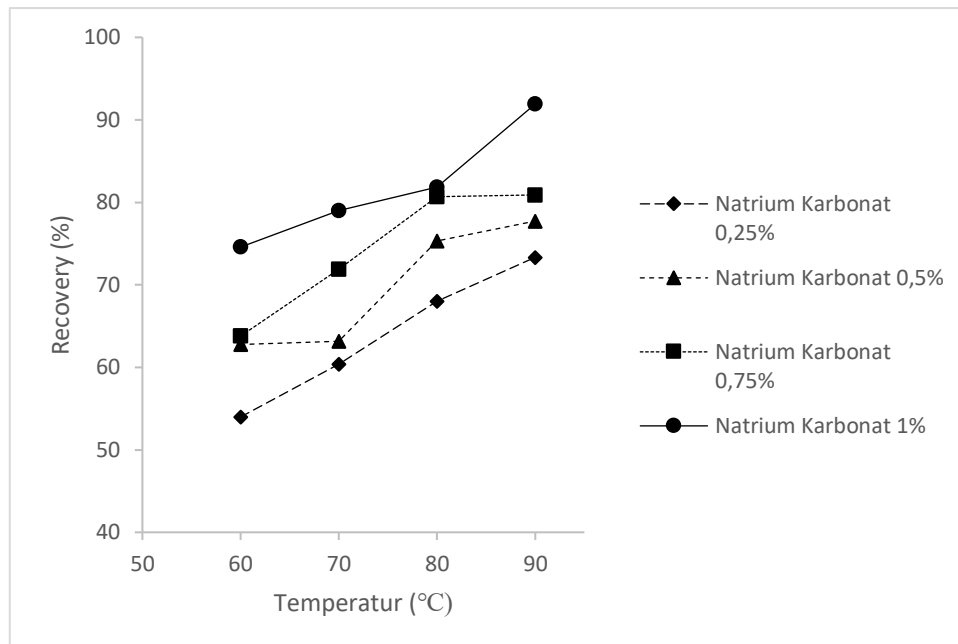


Gambar I.7 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Karbonat pada temperatur 80°C



Gambar I.8 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Karbonat pada temperatur 90°C

3. Pengaruh Temperatur pada Pemisahan Bitumen

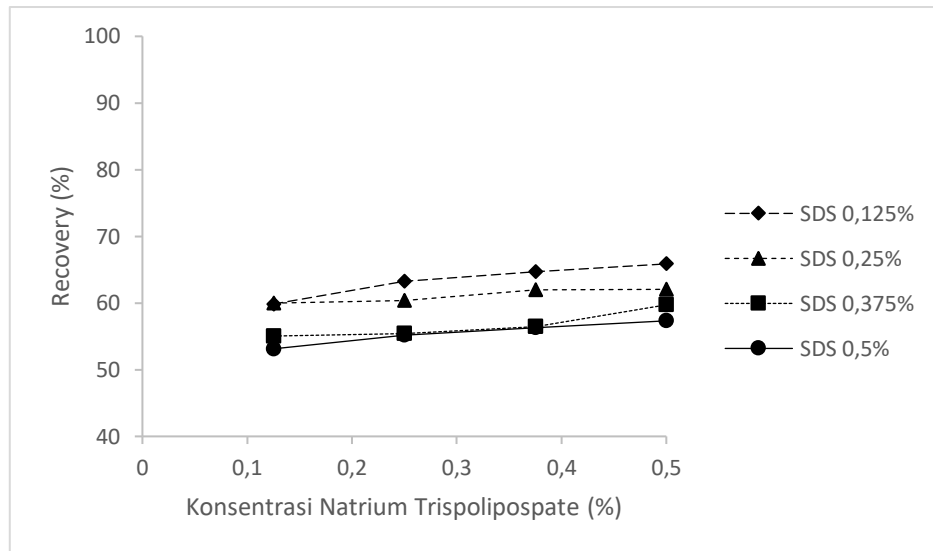


Gambar I.9 Grafik Pengaruh Temperatur terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Karbonat pada konsentrasi SDS 0,125%

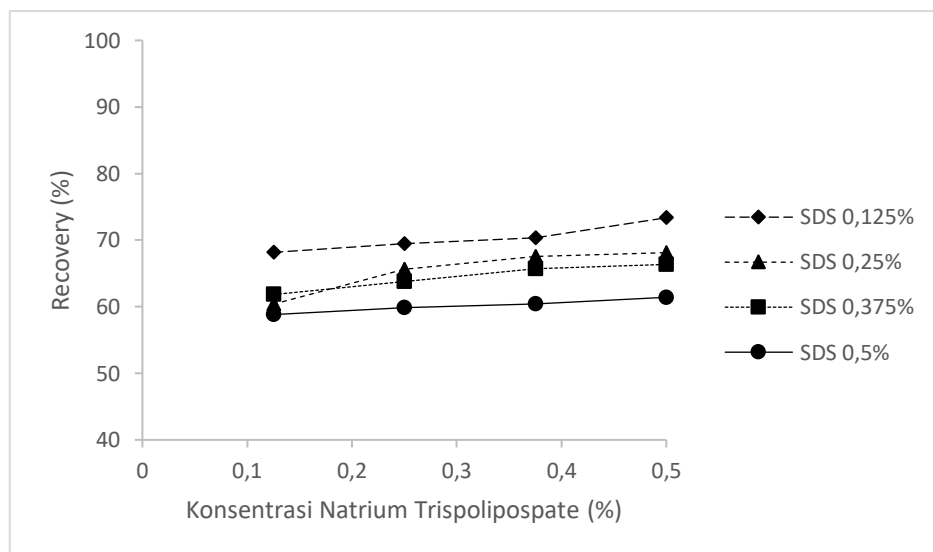
LAMPIRAN J

GRAFIK HASIL PENELITIAN VARIABEL NATRIUM TRIPOLIFOSFAT

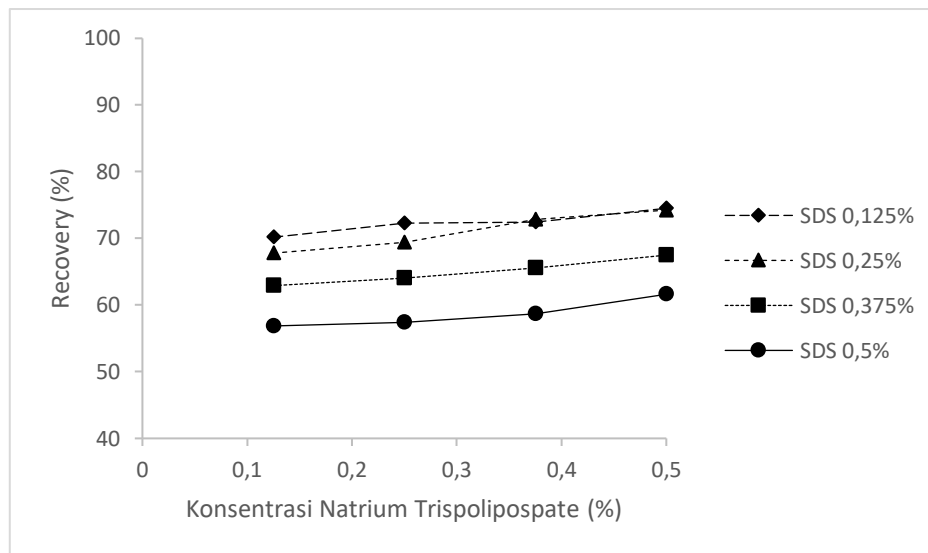
1. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Natrium Tripolifosfat



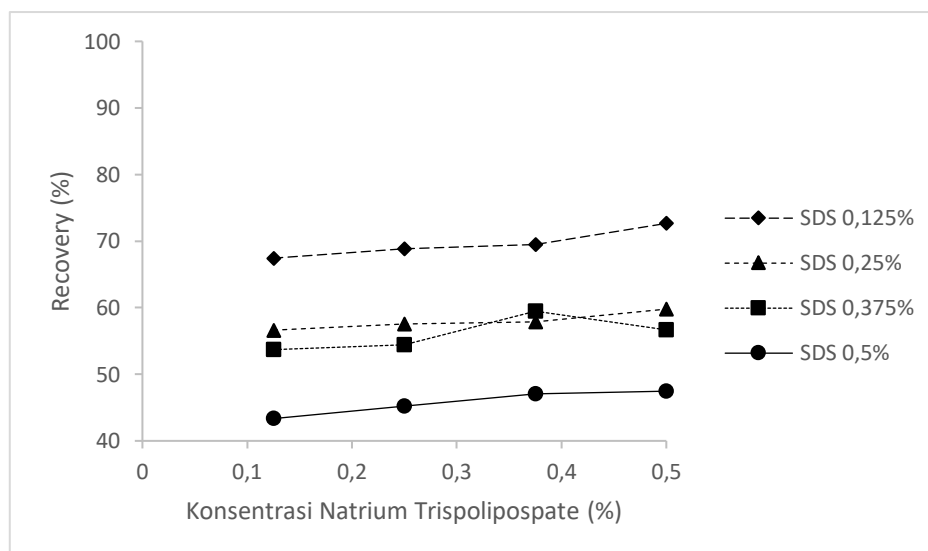
Gambar J.1 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Tripolifosfat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 60°C



Gambar J.2 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Tripolifosfat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 70°C

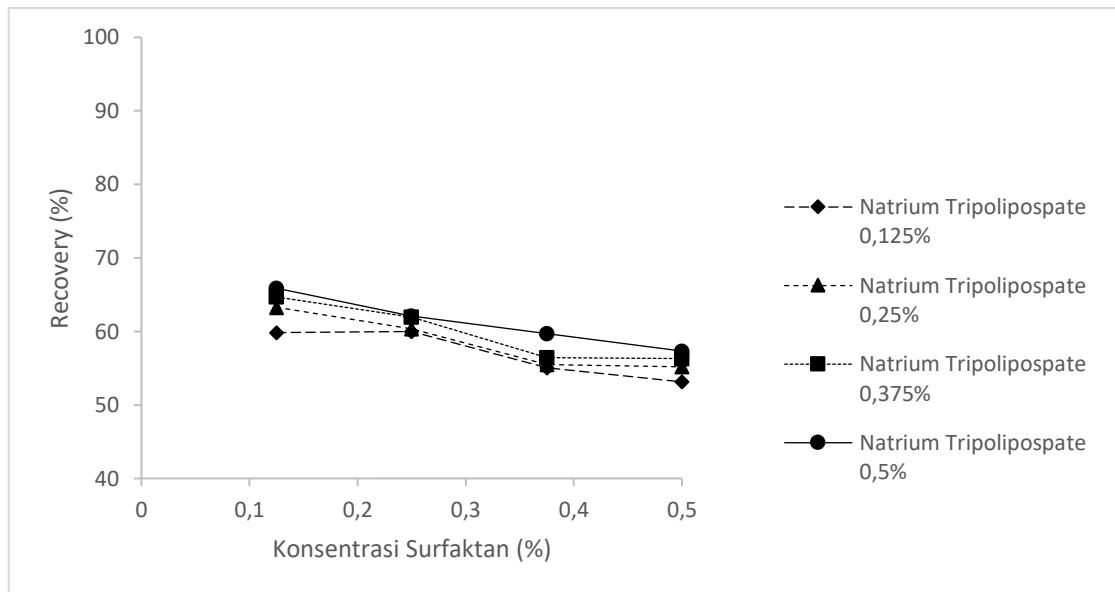


Gambar J.3 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Tripolifosfat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 80°C

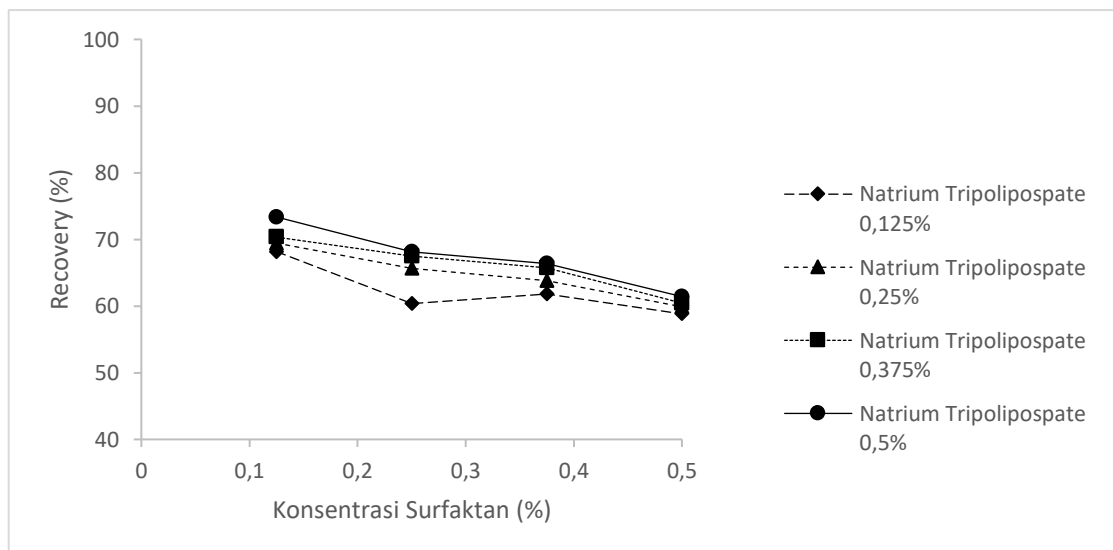


Gambar J.4 Grafik Pengaruh Penambahan Natrium Tripolifosfat terhadap recovery pada berbagai konsentrasi Surfaktan SDS pada temperatur 90°C

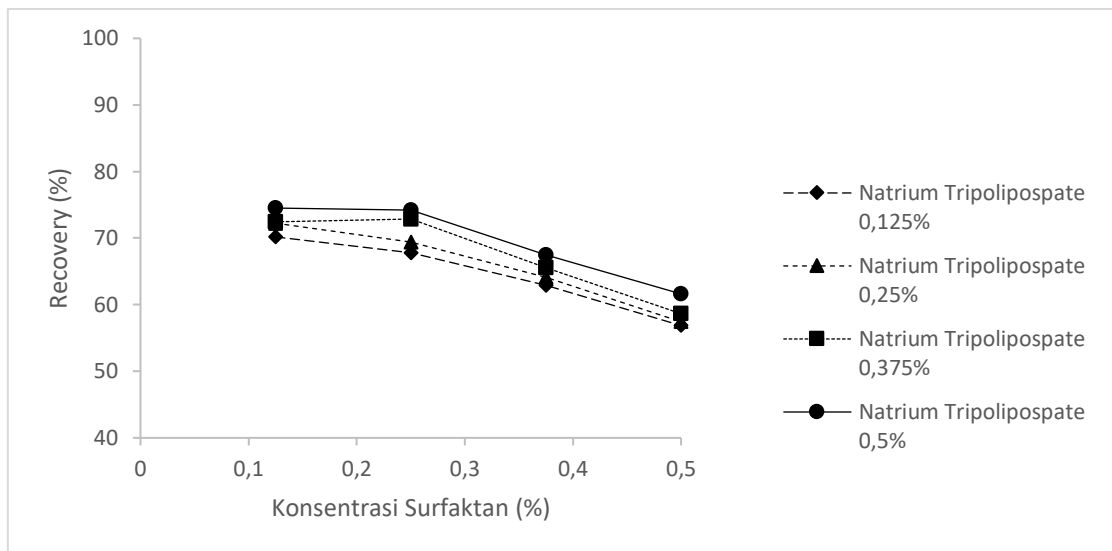
2. Pengaruh Penambahan Surfaktan Sodium Dodecylbenzene Sulfonat



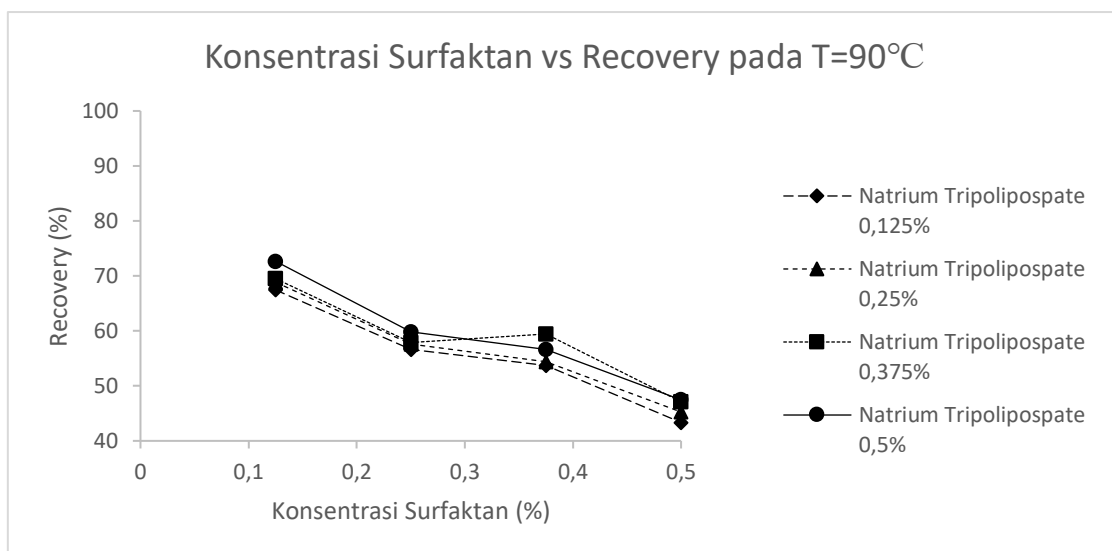
Gambar J.5 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Tripolifosfat pada temperatur 60°C



Gambar J.6 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Tripolifosfat pada temperatur 70°C

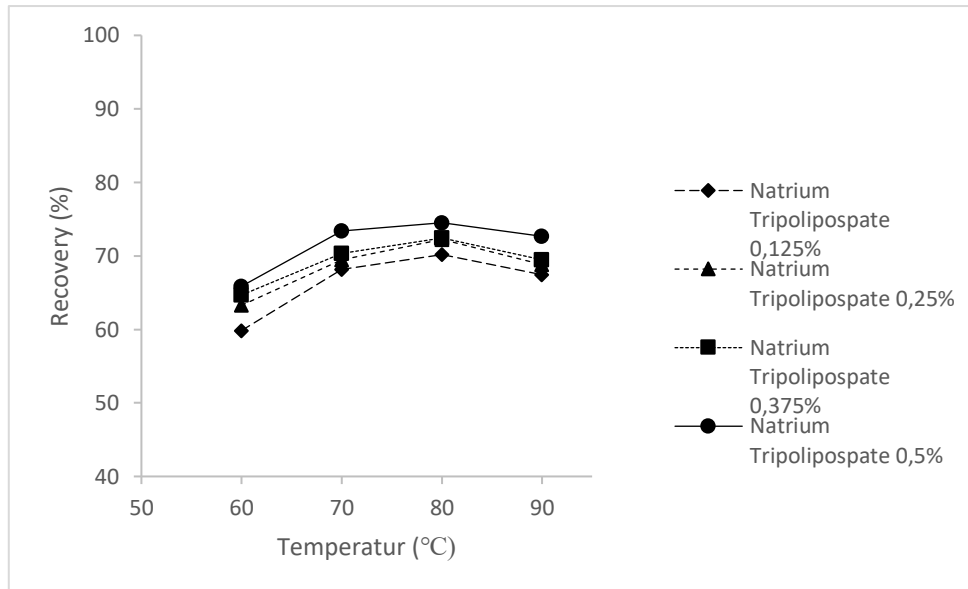


Gambar J.7 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Tripolifosfat pada temperatur 80°C



Gambar J.8 Grafik Pengaruh Penambahan Surfaktan SDS terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Tripolifosfat pada temperatur 90°C

3. Pengaruh Temperatur pada Pemisahan Bitumen



Gambar J.9 Grafik Pengaruh Temperatur terhadap recovery pada berbagai konsentrasi penambahan Natrium Tripolifosfat pada konsentrasi SDS 0,125%

LAMPIRAN K

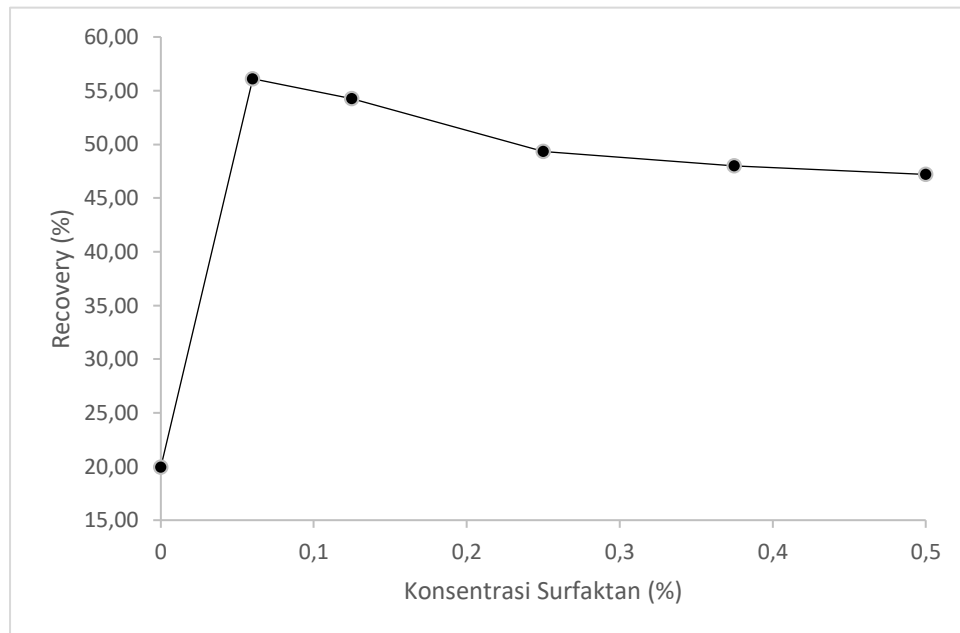
HASIL LARUTAN BLANKO

1. Hasil Percobaan dan Perhitungan Recovery dari Blanko Surfaktan, Natrium Silikat, Natrium Karbonat, Natrium Hidroksida, dan Natrium Tripolifosfat

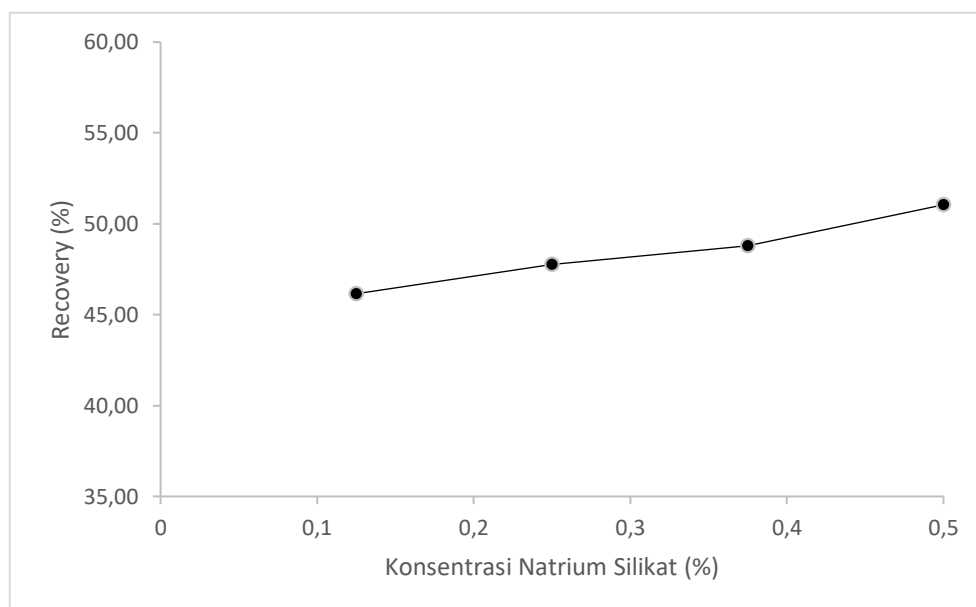
Tabel K.1 Data Hasil Percobaan Perhitungan Recovery Blanko Setiap Variabel

Senyawa	Kadar (%)	Densitas (gr/cm ³)	Larutan Bit+Solar (gr)	Kadar Bitumen dalam Solar (%)	Jumlah Bitumen dalam Solar (gr)	Recovery (%)
Surfaktan SDS	0	0,814	315,71	3,52	11,12	19,95
	0,06	0,832	320,11	9,77	31,26	56,10
	0,125	0,832	309,49	9,77	30,22	54,24
	0,25	0,832	281,39	9,77	27,48	49,32
	0,375	0,835	243,71	10,97	26,74	47,99
	0,5	0,835	239,78	10,97	26,31	47,21
Natrium Silikat	0,125	0,834	243,29	10,57	25,72	46,15
	0,25	0,832	272,61	9,77	26,62	47,78
	0,375	0,832	278,32	9,77	27,18	48,78
	0,5	0,834	269,09	10,57	28,44	51,05
Natrium Karbonat	0,25	0,832	261,27	9,77	25,51	45,79
	0,5	0,834	280,76	10,57	29,68	53,26
	0,75	0,834	292,85	10,57	30,95	55,55
	1	0,835	298,42	10,97	32,74	58,76
Natrium Hidroksida	0,125	0,832	220,03	9,77	21,49	38,56
	0,25	0,833	215,83	10,17	21,95	39,39
	0,375	0,833	223,64	10,17	22,74	40,81
	0,5	0,832	238,92	9,77	23,33	41,87
Natrium Tripolifosfat	0,125	0,832	225,58	9,77	22,03	39,54
	0,25	0,835	220,18	10,97	24,16	43,35
	0,375	0,835	226,17	10,97	24,81	44,53
	0,5	0,832	262,12	9,77	25,60	45,94

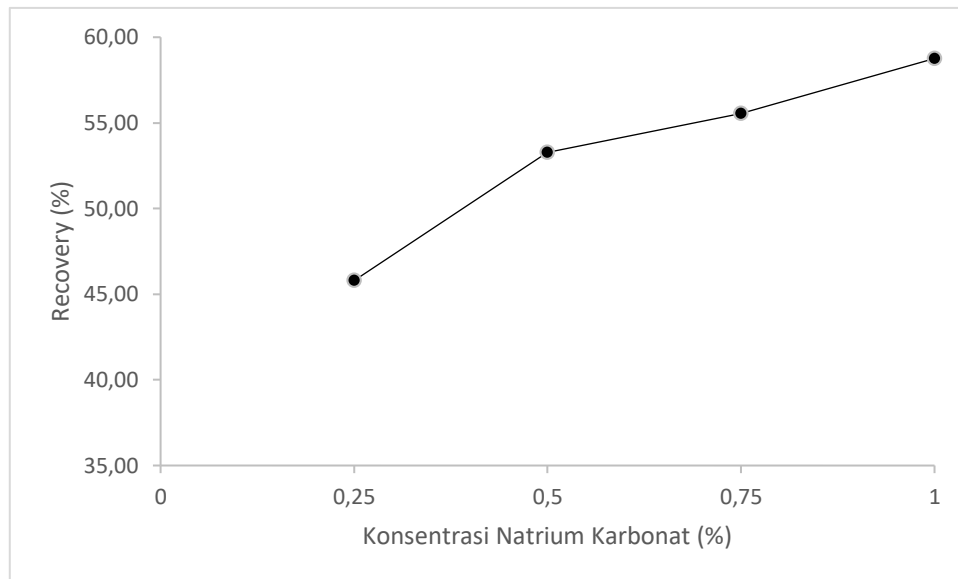
2. Grafik Hasil Percobaan dan Perhitungan Recovery dari Blanko



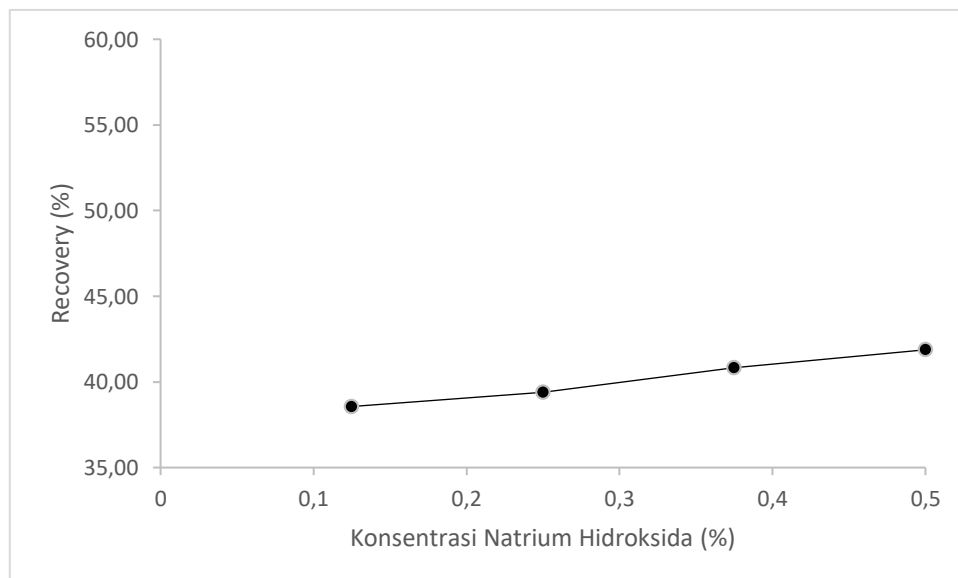
Gambar K.1 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Surfaktan SDS terhadap recovery bitumen tanpa penambahan *sealing agent*.



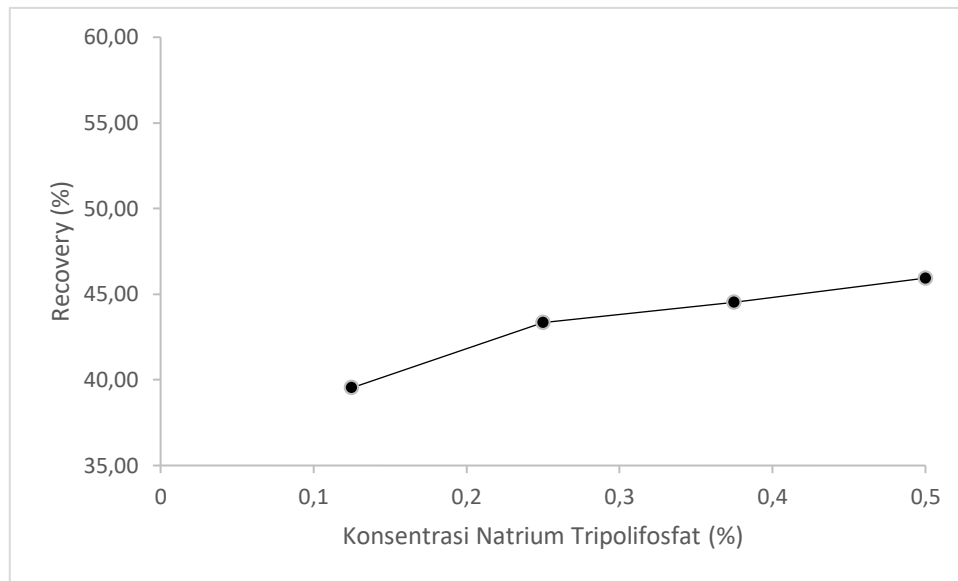
Gambar K.2 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Natrium Silikat terhadap recovery bitumen tanpa penambahan surfaktan SDS.



Gambar K.3 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Natrium Karbonat terhadap recovery bitumen tanpa penambahan surfaktan SDS.



Gambar K.4 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Natrium Hidroksida terhadap recovery bitumen tanpa penambahan surfaktan SDS.



Gambar K.5 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Natrium Tripolifosfat terhadap recovery bitumen tanpa penambahan surfaktan SDS.

LAMPIRAN L

DATA HASIL ANALISA INTERFACIAL SURFACE TENSION

Tabel L.1 Data Hasil Analisa Interfacial Surface Tension

No	Sampel Surfaktan	Konsentrasi Surfaktan	Konsentrasi Natrium Karbonat	Interfacial Tension (mN/m)		
				1	2	Average
1	Surfaktan 1A - 1B	0,250%	1,00%	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03
2	Surfaktan 2A - 2B	0,375%	1,00%	2,94E-03	2,32E-03	2,63E-03
3	Surfaktan 3A - 3B	0,500%	1,00%	2,38E-02	1,37E-02	1,88E-02
4	Surfaktan 4A - 4B	0,375%	0,50%	1,46E-01	1,46E-01	1,46E-01
5	Surfaktan 5A - 5B	0,375%	0,75%	7,06E-02	4,84E-02	5,95E-02

LAMPIRAN M

NERACA MASSA

Tabel M.1 Neraca Massa Hasil Penelitian Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan penambahan Solar, Surfaktan dan NaOH

No	SDS (%wt)	Natrium Silikat (%wt)	T (°C)	In (gr)					Out (gr)					
				Massa Asbuton	Massa Solar	Massa Air	Massa Surfaktan	Massa Natrium Silikat	Massa Bitumen dalam Lapisan atas	Massa Solar dalam Lapisan Atas	Massa Air + Surfaktan + Natrium Silikat	Massa Mineral	Massa solar dalam mineral	Massa Bitumen dalam Mineral
1	0,125	0,125	60	300	450	1247,5	1,25	1,25	29,37	250,34	1250	243,42	199,66	27,21
2	0,125	0,25	60	300	450	1246,25	1,25	2,5	30,38	258,99	1250	243,42	191,01	26,20
3	0,125	0,375	60	300	450	1245	1,25	3,75	31,25	281,51	1250	243,42	168,49	25,33
4	0,125	0,5	60	300	450	1243,75	1,25	5	32,41	276,23	1250	243,42	173,77	24,17
5	0,25	0,125	60	300	450	1246,25	2,5	1,25	28,05	252,66	1250	243,42	197,34	28,53
6	0,25	0,25	60	300	450	1245	2,5	2,5	29,42	250,73	1250	243,42	199,27	27,16
7	0,25	0,375	60	300	450	1243,75	2,5	3,75	29,83	268,73	1250	243,42	181,27	26,75
8	0,25	0,5	60	300	450	1242,5	2,5	5	32,16	289,63	1250	243,42	160,37	24,42
9	0,375	0,125	60	300	450	1245	3,75	1,25	29,52	251,65	1250	243,42	198,35	27,06
10	0,375	0,25	60	300	450	1243,75	3,75	2,5	29,55	251,84	1250	243,42	198,16	27,03
11	0,375	0,375	60	300	450	1242,5	3,75	3,75	30,42	259,34	1250	243,42	190,66	26,16
12	0,375	0,5	60	300	450	1241,25	3,75	5	31,21	266,03	1250	243,42	183,97	25,37
13	0,5	0,125	60	300	450	1243,75	5	1,25	29,24	249,26	1250	243,42	200,74	27,34
14	0,5	0,25	60	300	450	1242,5	5	2,5	29,25	249,28	1250	243,42	200,72	27,33
15	0,5	0,375	60	300	450	1241,25	5	3,75	29,54	251,83	1250	243,42	198,17	27,04
16	0,5	0,5	60	300	450	1240	5	5	31,30	266,78	1250	243,42	183,22	25,28
17	0,125	0,125	70	300	450	1247,5	1,25	1,25	30,08	243,24	1250	243,42	206,76	26,50

18	0,125	0,25	70	300	450	1246,25	1,25	2,5	30,69	225,87	1250	243,42	224,13	25,89
19	0,125	0,375	70	300	450	1245	1,25	3,75	31,08	264,88	1250	243,42	185,12	25,50
20	0,125	0,5	70	300	450	1243,75	1,25	5	32,27	260,96	1250	243,42	189,04	24,31
21	0,25	0,125	70	300	450	1246,25	2,5	1,25	30,84	249,36	1250	243,42	200,64	25,74
22	0,25	0,25	70	300	450	1245	2,5	2,5	30,95	237,93	1250	243,42	212,07	25,63
23	0,25	0,375	70	300	450	1243,75	2,5	3,75	31,06	264,72	1250	243,42	185,28	25,52
24	0,25	0,5	70	300	450	1242,5	2,5	5	32,33	261,43	1250	243,42	188,57	24,25
25	0,375	0,125	70	300	450	1245	3,75	1,25	31,82	241,06	1250	243,42	208,94	24,76
26	0,375	0,25	70	300	450	1243,75	3,75	2,5	32,56	250,35	1250	243,42	199,65	24,02
27	0,375	0,375	70	300	450	1242,5	3,75	3,75	32,63	278,17	1250	243,42	171,83	23,95
28	0,375	0,5	70	300	450	1241,25	3,75	5	33,70	259,11	1250	243,42	190,89	22,88
29	0,5	0,125	70	300	450	1243,75	5	1,25	30,18	228,60	1250	243,42	221,40	26,40
30	0,5	0,25	70	300	450	1242,5	5	2,5	31,26	252,78	1250	243,42	197,22	25,32
31	0,5	0,375	70	300	450	1241,25	5	3,75	32,62	278,05	1250	243,42	171,95	23,96
32	0,5	0,5	70	300	450	1240	5	5	34,75	281,01	1250	243,42	168,99	21,83
33	0,125	0,125	80	300	450	1247,5	1,25	1,25	32,72	218,64	1250	243,42	231,36	23,86
34	0,125	0,25	80	300	450	1246,25	1,25	2,5	34,26	235,68	1250	243,42	214,32	22,32
35	0,125	0,375	80	300	450	1245	1,25	3,75	34,97	249,01	1250	243,42	200,99	21,61
36	0,125	0,5	80	300	450	1243,75	1,25	5	36,42	252,23	1250	243,42	197,77	20,16
37	0,25	0,125	80	300	450	1246,25	2,5	1,25	30,50	210,28	1250	243,42	239,72	26,08
38	0,25	0,25	80	300	450	1245	2,5	2,5	32,61	225,85	1250	243,42	224,15	23,97
39	0,25	0,375	80	300	450	1243,75	2,5	3,75	34,09	246,18	1250	243,42	203,82	22,49
40	0,25	0,5	80	300	450	1242,5	2,5	5	35,59	253,39	1250	243,42	196,61	20,99
41	0,375	0,125	80	300	450	1245	3,75	1,25	28,51	244,30	1250	243,42	205,70	28,07
42	0,375	0,25	80	300	450	1243,75	3,75	2,5	31,38	225,55	1250	243,42	224,45	25,20
43	0,375	0,375	80	300	450	1242,5	3,75	3,75	31,42	225,78	1250	243,42	224,22	25,16
44	0,375	0,5	80	300	450	1241,25	3,75	5	34,92	253,97	1250	243,42	196,03	21,66
45	0,5	0,125	80	300	450	1243,75	5	1,25	30,43	219,74	1250	243,42	230,26	26,15
46	0,5	0,25	80	300	450	1242,5	5	2,5	31,60	224,48	1250	243,42	225,52	24,98

47	0,5	0,375	80	300	450	1241,25	5	3,75	31,64	228,43	1250	243,42	221,57	24,94
48	0,5	0,5	80	300	450	1240	5	5	31,48	214,14	1250	243,42	235,86	25,10
49	0,125	0,125	90	300	450	1247,5	1,25	1,25	36,52	250,66	1250	243,42	199,34	20,06
50	0,125	0,25	90	300	450	1246,25	1,25	2,5	37,51	269,56	1250	243,42	180,44	19,07
51	0,125	0,375	90	300	450	1245	1,25	3,75	38,98	275,01	1250	243,42	174,99	17,60
52	0,125	0,5	90	300	450	1243,75	1,25	5	40,28	248,18	1250	243,42	201,82	16,30
53	0,25	0,125	90	300	450	1246,25	2,5	1,25	34,27	242,86	1250	243,42	207,14	22,31
54	0,25	0,25	90	300	450	1245	2,5	2,5	34,82	240,09	1250	243,42	209,91	21,76
55	0,25	0,375	90	300	450	1243,75	2,5	3,75	35,80	245,18	1250	243,42	204,82	20,78
56	0,25	0,5	90	300	450	1242,5	2,5	5	36,31	232,34	1250	243,42	217,66	20,27
57	0,375	0,125	90	300	450	1245	3,75	1,25	30,28	215,63	1250	243,42	234,37	26,30
58	0,375	0,25	90	300	450	1243,75	3,75	2,5	30,37	222,41	1250	243,42	227,59	26,21
59	0,375	0,375	90	300	450	1242,5	3,75	3,75	30,90	211,16	1250	243,42	238,84	25,68
60	0,375	0,5	90	300	450	1241,25	3,75	5	31,42	215,65	1250	243,42	234,35	25,16
61	0,5	0,125	90	300	450	1243,75	5	1,25	29,85	208,64	1250	243,42	241,36	26,73
62	0,5	0,25	90	300	450	1242,5	5	2,5	30,03	207,99	1250	243,42	242,01	26,55
63	0,5	0,375	90	300	450	1241,25	5	3,75	31,02	213,85	1250	243,42	236,15	25,56
64	0,5	0,5	90	300	450	1240	5	5	31,65	227,43	1250	243,42	222,57	24,93

Tabel M.2 Neraca Massa Hasil Penelitian Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan penambahan Solar, Surfaktan dan Natrium Silikat

No	SDS (%wt)	Natrium Silikat (%wt)	T (°C)	In (gr)					Out (gr)					
				Massa Asbuton	Massa Solar	Massa Air	Massa Surfaktan	Massa Natrium Silikat	Massa Bitumen dalam Lapisan atas	Massa Solar dalam Lapisan Atas	Massa Air + Surfaktan + Natrium Silikat	Massa Mineral	Massa solar dalam mineral	Massa Bitumen dalam Mineral
1	0,125	0,125	60	300	450	1247,5	1,25	1,25	40,43	305,50	1250	243,42	144,50	16,15
2	0,125	0,25	60	300	450	1246,25	1,25	2,5	43,73	315,28	1250	243,42	134,72	12,85
3	0,125	0,375	60	300	450	1245	1,25	3,75	43,13	325,97	1250	243,42	124,03	13,45
4	0,125	0,5	60	300	450	1243,75	1,25	5	41,73	331,21	1250	243,42	118,79	14,85
5	0,25	0,125	60	300	450	1246,25	2,5	1,25	28,96	218,11	1250	243,42	231,89	27,62
6	0,25	0,25	60	300	450	1245	2,5	2,5	32,62	271,92	1250	243,42	178,08	23,96
7	0,25	0,375	60	300	450	1243,75	2,5	3,75	43,19	283,21	1250	243,42	166,79	13,39
8	0,25	0,5	60	300	450	1242,5	2,5	5	43,14	295,74	1250	243,42	154,26	13,44
9	0,375	0,125	60	300	450	1245	3,75	1,25	27,66	198,60	1250	243,42	251,40	28,92
10	0,375	0,25	60	300	450	1243,75	3,75	2,5	37,24	224,46	1250	243,42	225,54	19,34
11	0,375	0,375	60	300	450	1242,5	3,75	3,75	44,27	256,33	1250	243,42	193,67	12,31
12	0,375	0,5	60	300	450	1241,25	3,75	5	40,73	255,88	1250	243,42	194,12	15,85
13	0,5	0,125	60	300	450	1243,75	5	1,25	33,19	227,51	1250	243,42	222,49	23,39
14	0,5	0,25	60	300	450	1242,5	5	2,5	31,69	250,76	1250	243,42	199,24	24,89
15	0,5	0,375	60	300	450	1241,25	5	3,75	35,45	266,95	1250	243,42	183,05	21,13
16	0,5	0,5	60	300	450	1240	5	5	38,47	263,73	1250	243,42	186,27	18,11
17	0,125	0,125	70	300	450	1247,5	1,25	1,25	36,46	243,31	1250	243,42	206,69	20,12
18	0,125	0,25	70	300	450	1246,25	1,25	2,5	38,41	255,26	1250	243,42	194,74	18,17
19	0,125	0,375	70	300	450	1245	1,25	3,75	42,77	284,23	1250	243,42	165,77	13,81
20	0,125	0,5	70	300	450	1243,75	1,25	5	47,21	315,08	1250	243,42	134,92	9,37
21	0,25	0,125	70	300	450	1246,25	2,5	1,25	33,77	223,43	1250	243,42	226,57	22,81
22	0,25	0,25	70	300	450	1245	2,5	2,5	39,24	260,74	1250	243,42	189,26	17,34

23	0,25	0,375	70	300	450	1243,75	2,5	3,75	42,41	284,30	1250	243,42	165,70	14,17
24	0,25	0,5	70	300	450	1242,5	2,5	5	46,41	308,38	1250	243,42	141,62	10,17
25	0,375	0,125	70	300	450	1245	3,75	1,25	35,20	234,95	1250	243,42	215,05	21,38
26	0,375	0,25	70	300	450	1243,75	3,75	2,5	36,43	243,15	1250	243,42	206,85	20,15
27	0,375	0,375	70	300	450	1242,5	3,75	3,75	40,66	272,56	1250	243,42	177,44	15,92
28	0,375	0,5	70	300	450	1241,25	3,75	5	41,89	277,16	1250	243,42	172,84	14,69
29	0,5	0,125	70	300	450	1243,75	5	1,25	37,05	246,23	1250	243,42	203,77	19,53
30	0,5	0,25	70	300	450	1242,5	5	2,5	37,37	249,41	1250	243,42	200,59	19,21
31	0,5	0,375	70	300	450	1241,25	5	3,75	37,81	252,32	1250	243,42	197,68	18,77
32	0,5	0,5	70	300	450	1240	5	5	41,50	274,58	1250	243,42	175,42	15,08
33	0,125	0,125	80	300	450	1247,5	1,25	1,25	44,64	299,23	1250	243,42	150,77	11,94
34	0,125	0,25	80	300	450	1246,25	1,25	2,5	45,67	304,80	1250	243,42	145,20	10,91
35	0,125	0,375	80	300	450	1245	1,25	3,75	46,05	307,37	1250	243,42	142,63	10,53
36	0,125	0,5	80	300	450	1243,75	1,25	5	48,40	321,58	1250	243,42	128,42	8,18
37	0,25	0,125	80	300	450	1246,25	2,5	1,25	43,77	292,15	1250	243,42	157,85	12,81
38	0,25	0,25	80	300	450	1245	2,5	2,5	44,53	295,90	1250	243,42	154,10	12,05
39	0,25	0,375	80	300	450	1243,75	2,5	3,75	45,03	299,20	1250	243,42	150,80	11,55
40	0,25	0,5	80	300	450	1242,5	2,5	5	45,42	303,18	1250	243,42	146,82	11,16
41	0,375	0,125	80	300	450	1245	3,75	1,25	40,81	269,97	1250	243,42	180,03	15,77
42	0,375	0,25	80	300	450	1243,75	3,75	2,5	43,13	289,17	1250	243,42	160,83	13,45
43	0,375	0,375	80	300	450	1242,5	3,75	3,75	44,44	295,33	1250	243,42	154,67	12,14
44	0,375	0,5	80	300	450	1241,25	3,75	5	45,43	303,24	1250	243,42	146,76	11,15
45	0,5	0,125	80	300	450	1243,75	5	1,25	37,35	248,19	1250	243,42	201,81	19,23
46	0,5	0,25	80	300	450	1242,5	5	2,5	42,13	282,47	1250	243,42	167,53	14,45
47	0,5	0,375	80	300	450	1241,25	5	3,75	43,57	288,28	1250	243,42	161,72	13,01
48	0,5	0,5	80	300	450	1240	5	5	44,82	300,51	1250	243,42	149,49	11,76
49	0,125	0,125	90	300	450	1247,5	1,25	1,25	43,44	289,90	1250	243,42	160,10	13,14
50	0,125	0,25	90	300	450	1246,25	1,25	2,5	44,47	298,09	1250	243,42	151,91	12,11
51	0,125	0,375	90	300	450	1245	1,25	3,75	46,45	310,01	1250	243,42	139,99	10,13

52	0,125	0,5	90	300	450	1243,75	1,25	5	48,36	321,33	1250	243,42	128,67	8,22
53	0,25	0,125	90	300	450	1246,25	2,5	1,25	41,78	277,66	1250	243,42	172,34	14,80
54	0,25	0,25	90	300	450	1245	2,5	2,5	44,21	292,46	1250	243,42	157,54	12,37
55	0,25	0,375	90	300	450	1243,75	2,5	3,75	46,19	309,63	1250	243,42	140,37	10,39
56	0,25	0,5	90	300	450	1242,5	2,5	5	50,65	336,56	1250	243,42	113,44	5,93
57	0,375	0,125	90	300	450	1245	3,75	1,25	42,85	286,00	1250	243,42	164,00	13,73
58	0,375	0,25	90	300	450	1243,75	3,75	2,5	45,43	301,91	1250	243,42	148,09	11,15
59	0,375	0,375	90	300	450	1242,5	3,75	3,75	47,00	313,68	1250	243,42	136,32	9,58
60	0,375	0,5	90	300	450	1241,25	3,75	5	50,64	338,35	1250	243,42	111,65	5,94
61	0,5	0,125	90	300	450	1243,75	5	1,25	36,00	239,22	1250	243,42	210,78	20,58
62	0,5	0,25	90	300	450	1242,5	5	2,5	39,89	267,41	1250	243,42	182,59	16,69
63	0,5	0,375	90	300	450	1241,25	5	3,75	46,17	308,17	1250	243,42	141,83	10,41
64	0,5	0,5	90	300	450	1240	5	5	49,90	333,02	1250	243,42	116,98	6,68

Tabel M.3 Neraca Massa Hasil Penelitian Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan penambahan Solar, Surfaktan dan Natrium Karbonat

No	SDS (%wt)	Natrium Silikat (%wt)	T (°C)	In (gr)					Out (gr)					
				Massa Asbuton	Massa Solar	Massa Air	Massa Surfaktan	Massa Natrium Silikat	Massa Bitumen dalam Lapisan atas	Massa Solar dalam Lapisan Atas	Massa Air + Surfaktan + Natrium Silikat	Massa Mineral	Massa solar dalam mineral	Massa Bitumen dalam Mineral
1	0,125	0,25	60	300	450	1246,25	1,25	2,5	29,74	261,64	1250	243,42	188,36	26,84
2	0,125	0,5	60	300	450	1243,75	1,25	5	31,85	280,26	1250	243,42	169,74	24,73
3	0,125	0,75	60	300	450	1241,25	1,25	7,5	33,18	276,55	1250	243,42	173,45	23,40
4	0,125	1	60	300	450	1238,75	1,25	10	36,72	306,06	1250	243,42	143,94	19,86
5	0,25	0,25	60	300	450	1245	2,5	2,5	29,91	263,16	1250	243,42	186,84	26,67
6	0,25	0,5	60	300	450	1242,5	2,5	5	33,12	291,42	1250	243,42	158,58	23,46
7	0,25	0,75	60	300	450	1240	2,5	7,5	35,35	311,05	1250	243,42	138,95	21,23
8	0,25	1	60	300	450	1237,5	2,5	10	40,71	358,17	1250	243,42	91,83	15,87
9	0,375	0,25	60	300	450	1243,75	3,75	2,5	30,08	216,18	1250	243,42	233,82	26,50
10	0,375	0,5	60	300	450	1241,25	3,75	5	34,97	246,73	1250	243,42	203,27	21,61
11	0,375	0,75	60	300	450	1238,75	3,75	7,5	35,54	313,06	1250	243,42	136,94	21,04
12	0,375	1	60	300	450	1236,25	3,75	10	41,55	300,06	1250	243,42	149,94	15,03
13	0,5	0,25	60	300	450	1242,5	5	2,5	29,76	250,94	1250	243,42	199,06	26,82
14	0,5	0,5	60	300	450	1240	5	5	32,98	269,47	1250	243,42	180,53	23,60
15	0,5	0,75	60	300	450	1237,5	5	7,5	34,88	300,52	1250	243,42	149,48	21,70
16	0,5	1	60	300	450	1235	5	10	37,06	295,14	1250	243,42	154,86	19,52
17	0,125	0,25	70	300	450	1246,25	1,25	2,5	32,49	270,79	1250	243,42	179,21	24,09
18	0,125	0,5	70	300	450	1243,75	1,25	5	32,86	273,92	1250	243,42	176,08	23,72
19	0,125	0,75	70	300	450	1241,25	1,25	7,5	34,79	275,34	1250	243,42	174,66	21,79
20	0,125	1	70	300	450	1238,75	1,25	10	37,70	298,38	1250	243,42	151,62	18,88
21	0,25	0,25	70	300	450	1245	2,5	2,5	32,55	257,60	1250	243,42	192,40	24,03

22	0,25	0,5	70	300	450	1242,5	2,5	5	33,61	265,97	1250	243,42	184,03	22,97
23	0,25	0,75	70	300	450	1240	2,5	7,5	37,38	295,84	1250	243,42	154,16	19,20
24	0,25	1	70	300	450	1237,5	2,5	10	42,52	336,53	1250	243,42	113,47	14,06
25	0,375	0,25	70	300	450	1243,75	3,75	2,5	33,63	266,14	1250	243,42	183,86	22,95
26	0,375	0,5	70	300	450	1241,25	3,75	5	35,19	278,48	1250	243,42	171,52	21,39
27	0,375	0,75	70	300	450	1238,75	3,75	7,5	40,05	316,95	1250	243,42	133,05	16,53
28	0,375	1	70	300	450	1236,25	3,75	10	44,01	348,28	1250	243,42	101,72	12,57
29	0,5	0,25	70	300	450	1242,5	5	2,5	31,10	246,10	1250	243,42	203,90	25,48
30	0,5	0,5	70	300	450	1240	5	5	34,77	275,21	1250	243,42	174,79	21,81
31	0,5	0,75	70	300	450	1237,5	5	7,5	37,77	298,94	1250	243,42	151,06	18,81
32	0,5	1	70	300	450	1235	5	10	42,05	332,74	1250	243,42	117,26	14,53
33	0,125	0,25	80	300	450	1246,25	1,25	2,5	33,12	237,75	1250	243,42	212,25	23,46
34	0,125	0,5	80	300	450	1243,75	1,25	5	38,72	277,95	1250	243,42	172,05	17,86
35	0,125	0,75	80	300	450	1241,25	1,25	7,5	40,16	288,26	1250	243,42	161,74	16,42
36	0,125	1	80	300	450	1238,75	1,25	10	41,83	286,74	1250	243,42	163,26	14,75
37	0,25	0,25	80	300	450	1245	2,5	2,5	35,58	233,34	1250	243,42	216,66	21,00
38	0,25	0,5	80	300	450	1242,5	2,5	5	41,57	249,86	1250	243,42	200,14	15,01
39	0,25	0,75	80	300	450	1240	2,5	7,5	42,11	253,12	1250	243,42	196,88	14,47
40	0,25	1	80	300	450	1237,5	2,5	10	44,40	291,20	1250	243,42	158,80	12,18
41	0,375	0,25	80	300	450	1243,75	3,75	2,5	37,91	259,87	1250	243,42	190,13	18,67
42	0,375	0,5	80	300	450	1241,25	3,75	5	41,98	275,32	1250	243,42	174,68	14,60
43	0,375	0,75	80	300	450	1238,75	3,75	7,5	44,95	294,82	1250	243,42	155,18	11,63
44	0,375	1	80	300	450	1236,25	3,75	10	45,60	299,07	1250	243,42	150,93	10,98
45	0,5	0,25	80	300	450	1242,5	5	2,5	32,47	233,07	1250	243,42	216,93	24,11
46	0,5	0,5	80	300	450	1240	5	5	38,83	278,77	1250	243,42	171,23	17,75
47	0,5	0,75	80	300	450	1237,5	5	7,5	40,33	289,52	1250	243,42	160,48	16,25
48	0,5	1	80	300	450	1235	5	10	44,60	305,73	1250	243,42	144,27	11,98
49	0,125	0,25	90	300	450	1246,25	1,25	2,5	36,83	252,51	1250	243,42	197,49	19,75
50	0,125	0,5	90	300	450	1243,75	1,25	5	39,41	270,15	1250	243,42	179,85	17,17

51	0,125	0,75	90	300	450	1241,25	1,25	7,5	41,34	271,12	1250	243,42	178,88	15,24
52	0,125	1	90	300	450	1238,75	1,25	10	43,49	285,20	1250	243,42	164,80	13,09
53	0,25	0,25	90	300	450	1245	2,5	2,5	39,62	259,82	1250	243,42	190,18	16,96
54	0,25	0,5	90	300	450	1242,5	2,5	5	41,90	274,77	1250	243,42	175,23	14,68
55	0,25	0,75	90	300	450	1240	2,5	7,5	44,43	291,39	1250	243,42	158,61	12,15
56	0,25	1	90	300	450	1237,5	2,5	10	50,42	316,79	1250	243,42	133,21	6,16
57	0,375	0,25	90	300	450	1243,75	3,75	2,5	40,86	267,99	1250	243,42	182,01	15,72
58	0,375	0,5	90	300	450	1241,25	3,75	5	43,31	284,03	1250	243,42	165,97	13,27
59	0,375	0,75	90	300	450	1238,75	3,75	7,5	45,07	295,61	1250	243,42	154,39	11,51
60	0,375	1	90	300	450	1236,25	3,75	10	51,22	321,77	1250	243,42	128,23	5,36
61	0,5	0,25	90	300	450	1242,5	5	2,5	35,04	220,18	1250	243,42	229,82	21,54
62	0,5	0,5	90	300	450	1240	5	5	39,45	247,85	1250	243,42	202,15	17,13
63	0,5	0,75	90	300	450	1237,5	5	7,5	44,53	279,81	1250	243,42	170,19	12,05
64	0,5	1	90	300	450	1235	5	10	49,83	313,09	1250	243,42	136,91	6,75

Tabel M.4 Neraca Massa Hasil Penelitian Pemisahan Bitumen dari Asbuton dengan penambahan Solar, Surfaktan dan Natrium Tripolipospat

No	SDS (%wt)	Natrium Silikat (%wt)	T (°C)	In (gr)					Out (gr)					
				Massa Asbuton	Massa Solar	Massa Air	Massa Surfaktan	Massa Natrium Silikat	Massa Bitumen dalam Lapisan atas	Massa Solar dalam Lapisan Atas	Massa Air + Surfaktan + Natrium Silikat	Massa Mineral	Massa solar dalam mineral	Massa Bitumen dalam Mineral
1	0,125	0,125	60	300	450	1247,5	1,25	1,25	33,35	211,56	1250	243,42	238,44	23,23
2	0,125	0,25	60	300	450	1246,25	1,25	2,5	35,26	219,48	1250	243,42	230,52	21,32
3	0,125	0,375	60	300	450	1245	1,25	3,75	36,04	222,92	1250	243,42	227,08	20,54
4	0,125	0,5	60	300	450	1243,75	1,25	5	36,70	228,96	1250	243,42	221,04	19,88
5	0,25	0,125	60	300	450	1246,25	2,5	1,25	33,42	230,47	1250	243,42	219,53	23,16
6	0,25	0,25	60	300	450	1245	2,5	2,5	33,64	233,01	1250	243,42	216,99	22,94
7	0,25	0,375	60	300	450	1243,75	2,5	3,75	34,53	262,86	1250	243,42	187,14	22,05
8	0,25	0,5	60	300	450	1242,5	2,5	5	34,58	220,29	1250	243,42	229,71	22,00
9	0,375	0,125	60	300	450	1245	3,75	1,25	30,67	201,40	1250	243,42	248,60	25,91
10	0,375	0,25	60	300	450	1243,75	3,75	2,5	30,90	201,99	1250	243,42	248,01	25,68
11	0,375	0,375	60	300	450	1242,5	3,75	3,75	31,46	257,00	1250	243,42	193,00	25,12
12	0,375	0,5	60	300	450	1241,25	3,75	5	33,28	221,41	1250	243,42	228,59	23,30
13	0,5	0,125	60	300	450	1243,75	5	1,25	29,60	194,38	1250	243,42	255,62	26,98
14	0,5	0,25	60	300	450	1242,5	5	2,5	30,75	214,92	1250	243,42	235,08	25,83
15	0,5	0,375	60	300	450	1241,25	5	3,75	31,37	214,39	1250	243,42	235,61	25,21
16	0,5	0,5	60	300	450	1240	5	5	31,94	222,27	1250	243,42	227,73	24,64
17	0,125	0,125	70	300	450	1247,5	1,25	1,25	37,98	235,95	1250	243,42	214,05	18,60
18	0,125	0,25	70	300	450	1246,25	1,25	2,5	38,69	242,36	1250	243,42	207,64	17,89
19	0,125	0,375	70	300	450	1245	1,25	3,75	39,19	247,56	1250	243,42	202,44	17,39
20	0,125	0,5	70	300	450	1243,75	1,25	5	40,88	243,70	1250	243,42	206,30	15,70
21	0,25	0,125	70	300	450	1246,25	2,5	1,25	33,64	285,23	1250	243,42	164,77	22,94

22	0,25	0,25	70	300	450	1245	2,5	2,5	36,56	230,98	1250	243,42	219,02	20,02
23	0,25	0,375	70	300	450	1243,75	2,5	3,75	37,62	237,68	1250	243,42	212,32	18,96
24	0,25	0,5	70	300	450	1242,5	2,5	5	37,95	247,06	1250	243,42	202,94	18,63
25	0,375	0,125	70	300	450	1245	3,75	1,25	34,45	212,22	1250	243,42	237,78	22,13
26	0,375	0,25	70	300	450	1243,75	3,75	2,5	35,53	218,90	1250	243,42	231,10	21,05
27	0,375	0,375	70	300	450	1242,5	3,75	3,75	36,60	225,51	1250	243,42	224,49	19,98
28	0,375	0,5	70	300	450	1241,25	3,75	5	36,97	231,59	1250	243,42	218,41	19,61
29	0,5	0,125	70	300	450	1243,75	5	1,25	32,77	188,88	1250	243,42	261,12	23,81
30	0,5	0,25	70	300	450	1242,5	5	2,5	33,37	200,55	1250	243,42	249,45	23,21
31	0,5	0,375	70	300	450	1241,25	5	3,75	33,68	210,07	1250	243,42	239,93	22,90
32	0,5	0,5	70	300	450	1240	5	5	34,22	204,01	1250	243,42	245,99	22,36
33	0,125	0,125	80	300	450	1247,5	1,25	1,25	39,10	249,11	1250	243,42	200,89	17,48
34	0,125	0,25	80	300	450	1246,25	1,25	2,5	40,25	258,64	1250	243,42	191,36	16,33
35	0,125	0,375	80	300	450	1245	1,25	3,75	40,36	256,03	1250	243,42	193,97	16,22
36	0,125	0,5	80	300	450	1243,75	1,25	5	41,52	263,94	1250	243,42	186,06	15,06
37	0,25	0,125	80	300	450	1246,25	2,5	1,25	37,77	245,85	1250	243,42	204,15	18,81
38	0,25	0,25	80	300	450	1245	2,5	2,5	38,65	244,20	1250	243,42	205,80	17,93
39	0,25	0,375	80	300	450	1243,75	2,5	3,75	40,60	251,16	1250	243,42	198,84	15,98
40	0,25	0,5	80	300	450	1242,5	2,5	5	41,36	258,03	1250	243,42	191,97	15,22
41	0,375	0,125	80	300	450	1245	3,75	1,25	35,05	216,84	1250	243,42	233,16	21,53
42	0,375	0,25	80	300	450	1243,75	3,75	2,5	35,70	225,54	1250	243,42	224,46	20,88
43	0,375	0,375	80	300	450	1242,5	3,75	3,75	36,51	251,73	1250	243,42	198,27	20,07
44	0,375	0,5	80	300	450	1241,25	3,75	5	37,60	251,27	1250	243,42	198,73	18,98
45	0,5	0,125	80	300	450	1243,75	5	1,25	31,68	224,54	1250	243,42	225,46	24,90
46	0,5	0,25	80	300	450	1242,5	5	2,5	32,00	225,72	1250	243,42	224,28	24,58
47	0,5	0,375	80	300	450	1241,25	5	3,75	32,68	229,45	1250	243,42	220,55	23,90
48	0,5	0,5	80	300	450	1240	5	5	34,33	237,79	1250	243,42	212,21	22,25
49	0,125	0,125	90	300	450	1247,5	1,25	1,25	37,58	267,56	1250	243,42	182,44	19,00
50	0,125	0,25	90	300	450	1246,25	1,25	2,5	38,36	273,15	1250	243,42	176,85	18,22

51	0,125	0,375	90	300	450	1245	1,25	3,75	38,72	279,60	1250	243,42	170,40	17,86
52	0,125	0,5	90	300	450	1243,75	1,25	5	40,49	292,33	1250	243,42	157,67	16,09
53	0,25	0,125	90	300	450	1246,25	2,5	1,25	31,55	266,09	1250	243,42	183,91	25,03
54	0,25	0,25	90	300	450	1245	2,5	2,5	32,07	254,07	1250	243,42	195,93	24,51
55	0,25	0,375	90	300	450	1243,75	2,5	3,75	32,23	244,18	1250	243,42	205,82	24,35
56	0,25	0,5	90	300	450	1242,5	2,5	5	33,31	254,85	1250	243,42	195,15	23,27
57	0,375	0,125	90	300	450	1245	3,75	1,25	29,92	226,67	1250	243,42	223,33	26,66
58	0,375	0,25	90	300	450	1243,75	3,75	2,5	30,32	226,33	1250	243,42	223,67	26,26
59	0,375	0,375	90	300	450	1242,5	3,75	3,75	33,14	232,69	1250	243,42	217,31	23,44
60	0,375	0,5	90	300	450	1241,25	3,75	5	31,56	245,07	1250	243,42	204,93	25,02
61	0,5	0,125	90	300	450	1243,75	5	1,25	24,15	198,34	1250	243,42	251,66	32,43
62	0,5	0,25	90	300	450	1242,5	5	2,5	25,21	203,85	1250	243,42	246,15	31,37
63	0,5	0,375	90	300	450	1241,25	5	3,75	26,24	212,21	1250	243,42	237,79	30,34
64	0,5	0,5	90	300	450	1240	5	5	26,45	214,95	1250	243,42	235,05	30,13

RIWAYAT PENULIS



Yosita Dyah Anindita, lahir pada tanggal 1 Juni 1994 di Trenggalek. Penulis merupakan mahasiswa S2 Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama berkuliah, Penulis yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara ini memiliki antusiasme yang tinggi untuk mengembangkan diri di bidang proses, pemisahan, dan perpindahan panas dan massa. Penulis pernah menempuh Pendidikan S1 Jurusan Teknik Kimia di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis yang menaruh minat lebih pada pengajaran dan penelitian ini memilih Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa untuk melakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul “**Proses Pemisahan Bitumen dari Asbuton Menggunakan Hot watter process dengan Penambahan Solar, Sodium Dodecylbenzene Sulfonat, Garam Alkali dan NaOH**”. yang dapat dilaksanakan dengan baik berkat bimbingan dari dosen-dosen

Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa Teknik Kimia ITS. Selain itu penulis telah melakukan publikasi penelitian pada seminar RSCE (Regional Symposium on Chemical Engineering) ke 24 dan CINIA (International Conference on Innovation and Industrial). Untuk kepentingan korespondensi penulis dapat dihubungi pada alamat email aninditayosita@gmail.com.